

# **第 132 回**

## **火山噴火予知連絡会資料**

**(その3) 箱根山**

**平成 27 年 6 月 15 日**

# 火山噴火予知連絡会資料（その3）

## 目次

### 箱根山

|                  |    |
|------------------|----|
| 気象庁（気象研含む） ..... | 3  |
| 温地研 .....        | 26 |
| 東海大 .....        | 43 |
| 防災科研 .....       | 48 |
| 地理院 .....        | 53 |

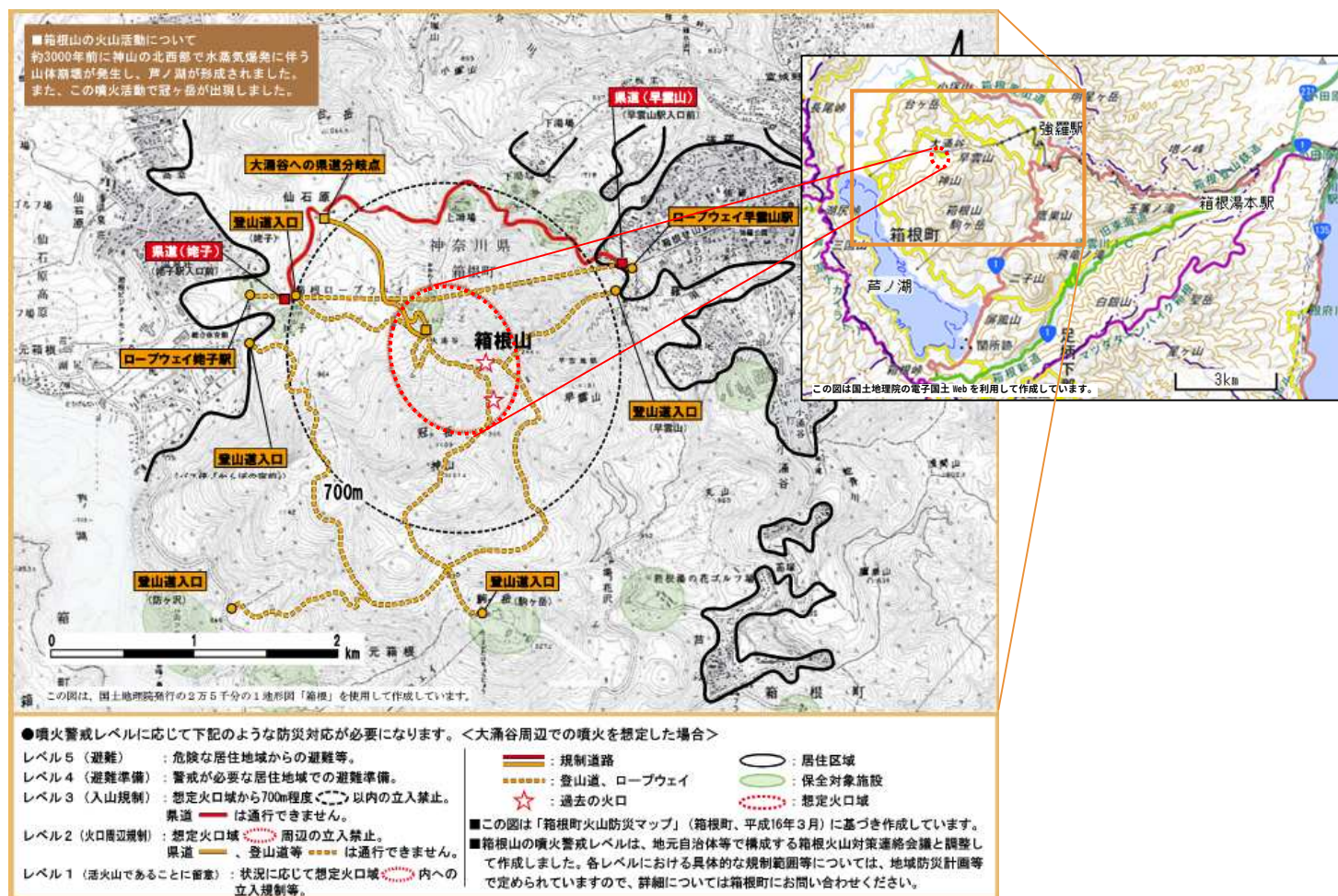
## 箱 根 山

(2015 年 6 月 8 日現在)

4 月 26 日から大涌谷付近から神山付近の浅い所を震源とする火山性地震が増加し、5 月 5 日以降更に増加し、活発な状態で経過した。5 月 15 日には地震の日回数が 442 回となり、日回数としては 2001 年以降で最多となった。地殻変動観測によると、傾斜計と体積ひずみ計で火山活動に関連するとみられる変動が観測されている。GNSS 連続観測でも大涌谷を挟む基線で、4 月下旬から小さな伸びがみられている。現地調査では、大涌谷の温泉供給施設で蒸気が勢いよく噴出しているのが確認されている。

5 月 6 日 06 時 00 分に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 1（活火山であることに留意）から 2（火口周辺規制）に引き上げた。その後、警報事項に変更はない。

大涌谷周辺に影響を及ぼす小規模な噴火が発生する可能性があり、大涌谷周辺では小規模な噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要である。風下側では火山灰や小さな噴石が風に流されて降るおそれがあるため注意が必要である。地元自治体等に指示に従って危険な地域には立ち入らないことが必要である。



第1図 警戒が必要な範囲：大涌谷周辺の想定火口域（図の赤円○内）

この資料は気象庁のほか、国土地理院、神奈川県温泉地学研究所のデータを利用して作成した。

## ○ 概況（2015 年 2 月～6 月 8 日）

### ・ 噴気など表面現象の状況（第 2 図～第 7 図、第 10 図－①）

5 月 4 日以降に実施している現地調査及び 5 月 6 日に神奈川県警察本部地域部地域総務課航空隊（神奈川県警察ヘリコプター）の協力により実施した上空からの観測、5 月 13 日に関東地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、大涌谷の温泉供給施設で蒸気が勢いよく噴出しているのが確認された（5 月 1 日に実施した現地調査では、大涌谷周辺では特段の変化は確認されていなかった）。6 月 4 日に実施した現地調査では、蒸気の勢いがやや弱まっていた。

大涌谷（箱根ロープウェイ大涌谷駅）に設置してある遠望カメラでは、大涌谷で噴出している蒸気のほかに特段の異常は認められていない。宮城野（大涌谷の東北東約 3 km）に設置してある遠望カメラでは、早雲地獄の噴気は少ない状態が続いており、噴気の高さは概ね 100m 以下で経過している。

### ・ 地震や微動の発生状況（第 10 図－②、第 12 図～第 15 図、第 18 図）

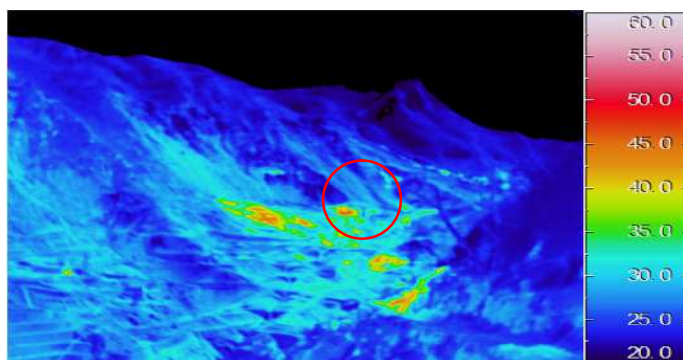
4 月 26 日 14 時頃から大涌谷付近から神山付近の浅い所を震源とする火山性地震が増加し、5 月 5 日 05 時以降更に増加した。5 月 10 日には箱根町湯本などで震度 1 以上を観測する地震が 6 回発生し、今期間の最大規模（M3.0）の地震を観測した。5 月 15 日には火山性地震の回数が 442 回を数え、日回数としては 2001 年以降最大となるなど、火山性地震の多い状態が続いている。5 月 31 日現在、今回の火山活動開始から箱根町湯本などで震度 1 以上を観測する地震は 19 回発生している。低周波地震及び火山性微動の発生はなかった。

### ・ 地殻変動の状況（第 9 図、第 10 図－③～⑦、第 11 図、第 16 図～第 17 図）

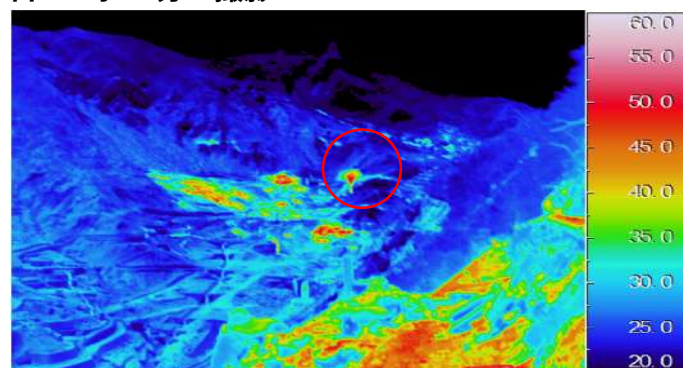
二ノ平観測点の傾斜計では、4 月下旬頃から南西上がり（山側上がり）の変化が続いている。湯河原鍛冶屋観測点の体積ひずみ計では、4 月下旬頃から伸びの変化が続いている。

GNSS連続観測でも大涌谷を挟む基線で、4 月下旬から小さな伸びがみられている。

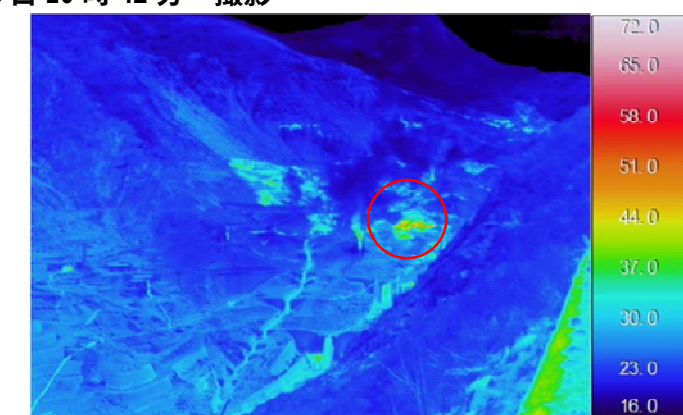




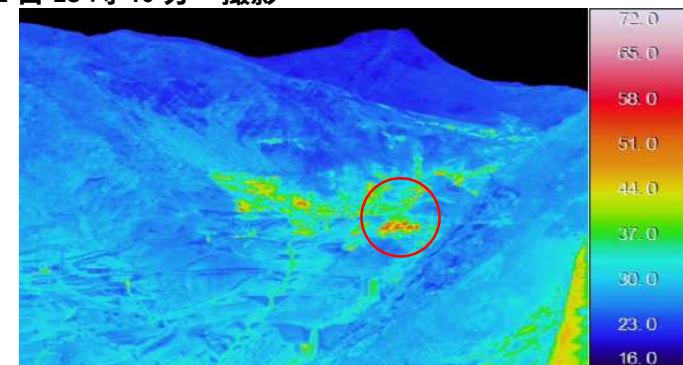
2015 年 5 月 1 日 13 時 50 分 撮影



2015 年 5 月 8 日 10 時 42 分 撮影



2015 年 5 月 21 日 13 時 46 分 撮影

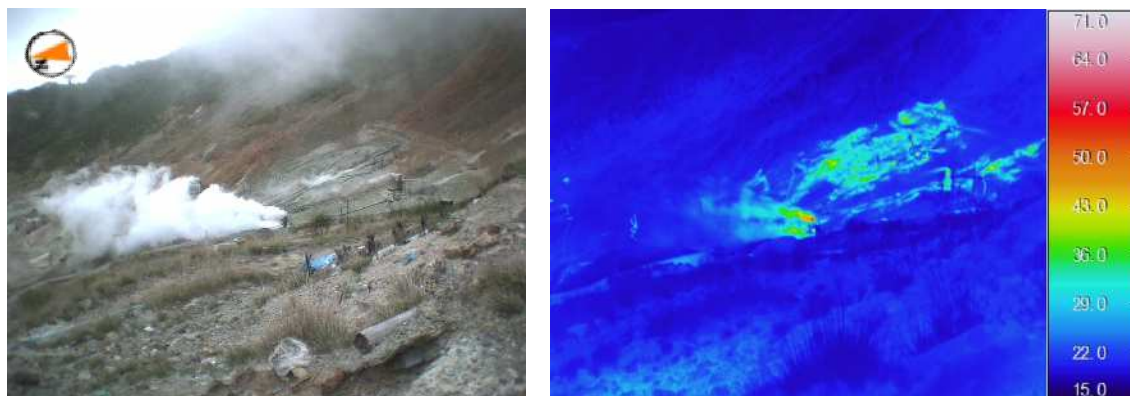


2015 年 6 月 4 日 11 時 59 分 撮影

## 第 2 図 箱根山 大涌谷周辺の状況及び地表面温度分布

- ・ 5 月 3 日以降、中央に見える温泉供給施設（赤円内）から蒸気が勢いよく吹き出している（5 月 1 日では顕著なものはみられていなかった）。6 月 4 日の観測では、蒸気の勢いがやや弱まっていた。従来からみられている地熱域以外に特段の変化はみられない。
- ・ 5 月 8 日、6 月 4 日の観測データで、周囲の温度が高く見える範囲は日射の影響を受けている。高温領域の分布に大きな変化はない。

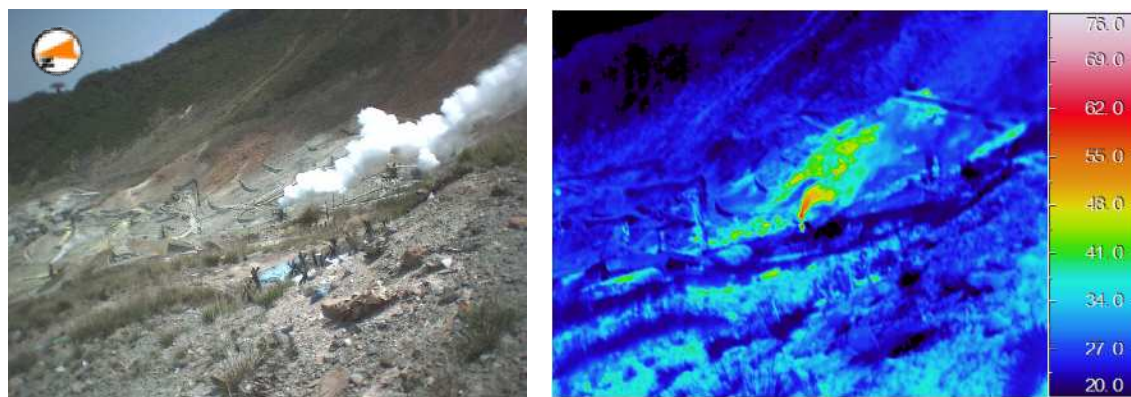




2015 年 5 月 4 日 09 時 03 分 撮影



2015 年 5 月 5 日 15 時 11 分 撮影



2015 年 5 月 8 日 11 時 23 分 撮影

第 3 図 箱根山 大涌谷周辺の状況及び地表面温度分布  
5 月 3 日以降、中央に見える温泉供給施設から引き続き蒸気が  
勢いよく吹き出している。



2008 年 12 月 19 日 09 時 56 分 神奈川県 の協力により撮影



2015 年 5 月 6 日 15 時 46 分

神奈川県警察本部地域部地域総務課航空隊（神奈川県警察ヘリコプター）の協力により撮影



2015 年 5 月 13 日 14 時 22 分 関東地方整備局の協力により撮影

第 4 図 大涌谷周辺の状況（北東側から撮影）

- ・ 5 月 3 日以降、中央に見える温泉供給施設から引き続き蒸気が勢いよく吹き出している。

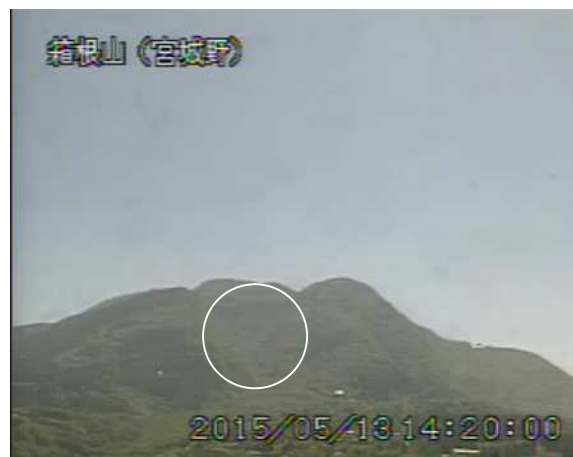




第 5 図 箱根山 大涌谷の状況

(5月15日、大涌谷遠望カメラによる)

大涌谷で噴出している蒸気（赤円内）のほかには特段の異常はみられない。



第 6 図 箱根山 早雲地獄の状況

(5月13日、宮城野遠望カメラによる)

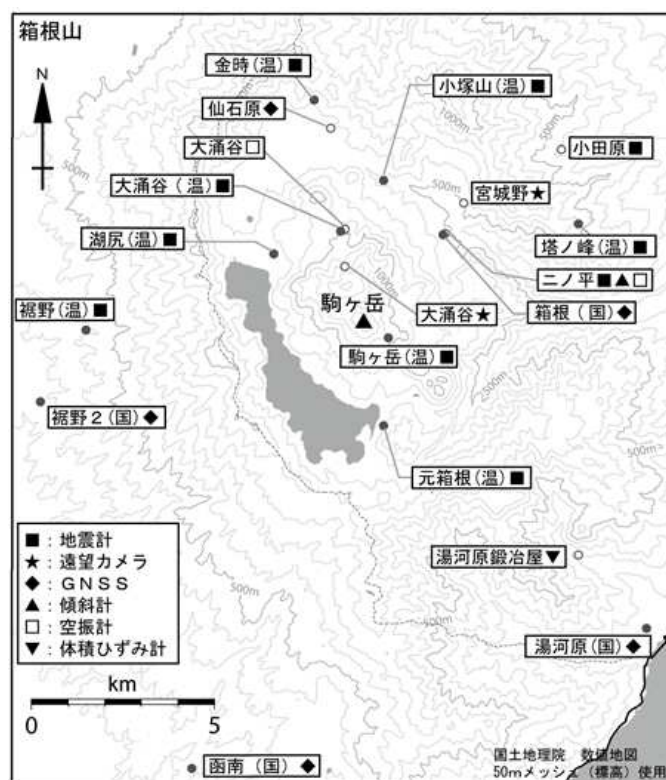
白円内は早雲地獄からの噴気の状況。  
気象庁の宮城野カメラでは、大涌谷からの噴気は高さ 100m 以上の場合に観測される。



第 7 図 箱根山 噴気場所（大涌谷・早雲地獄）位置図

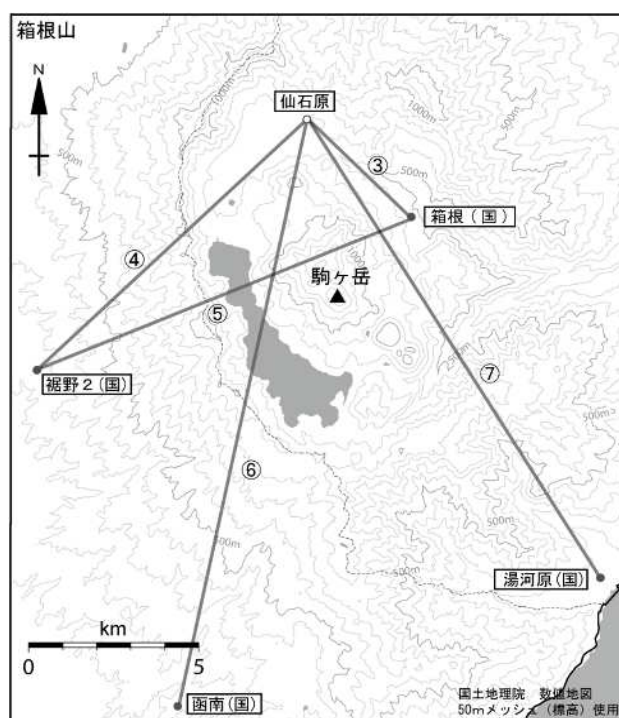
緑丸は大涌谷遠望カメラ設置場所

赤丸は宮城野遠望カメラ設置場所



第8図 箱根山 観測点配置図

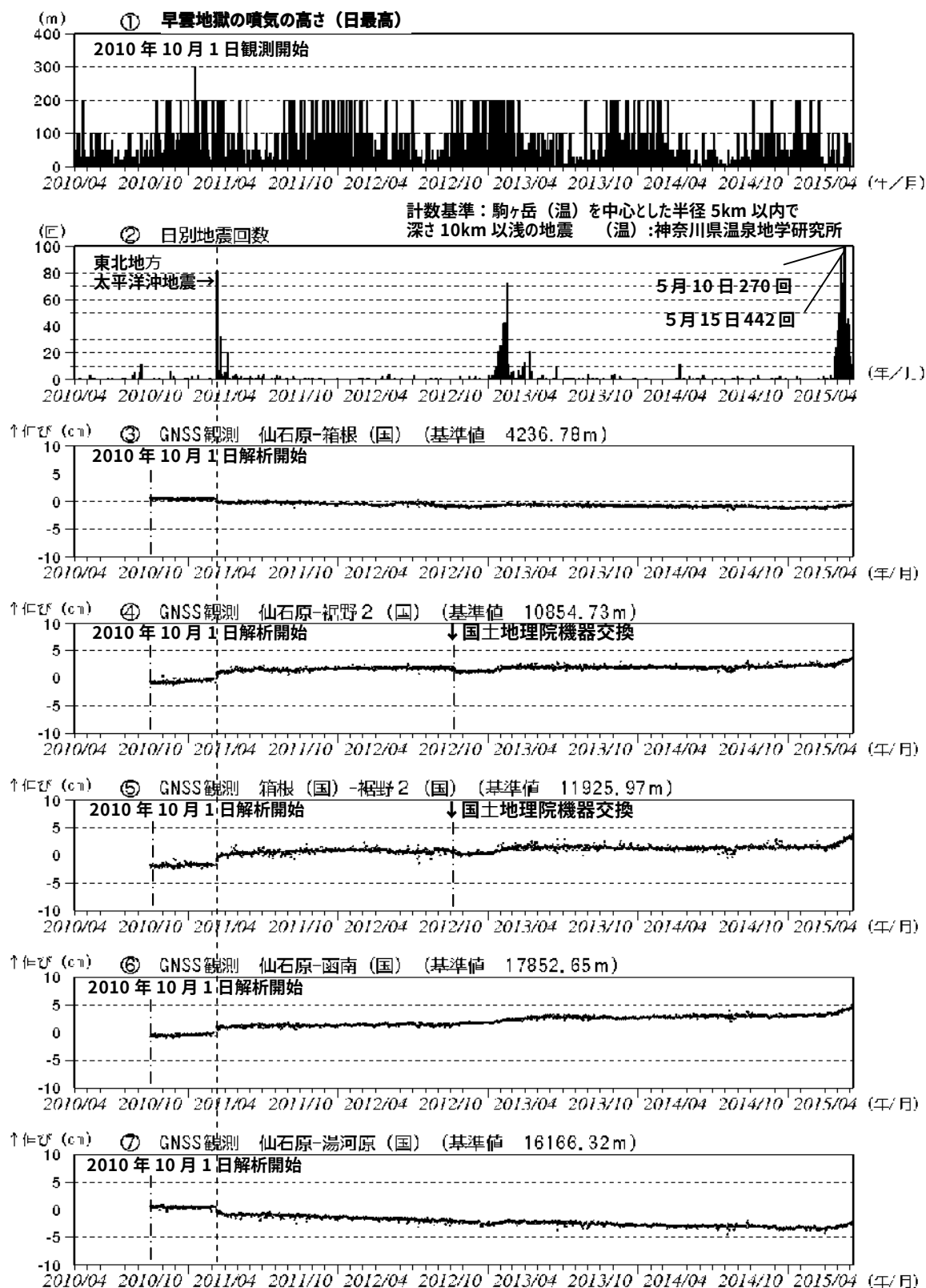
- ・小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の観測点を示す。  
（国）：国土地理院、（温）：神奈川県温泉地学研究所  
・この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000（行政界・海岸線）』『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。



第9図 箱根山 GNSS連続観測点配置図

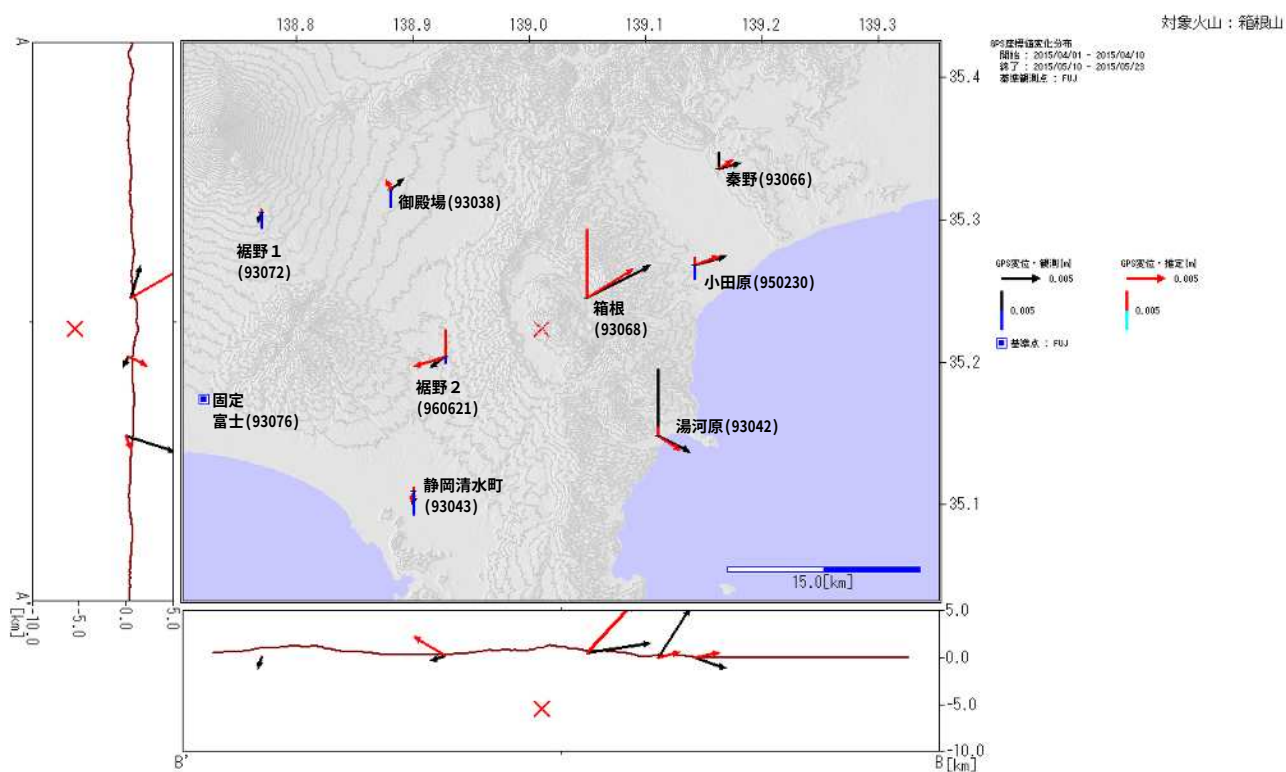
- ・小さな白丸(○)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の観測点を示す。(国):国土地理院
- ・GNSS 基線③～⑦は第 10 図の③～⑦に対応している。
- ・この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。





第 10 図 箱根山 火山活動の推移 (2010 年 4 月 1 日～2015 年 6 月 8 日)

- ・2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震以降、箱根山付近で地震活動が活発となったが、その後は低下した。2013 年 1 月中旬から 2 月中旬にかけて駒ヶ岳から仙石原付近の浅部で地震が増加した。2015 年 4 月 26 日頃から大涌谷付近から神山付近の浅部で地震が増加している。
- ・⑤の基線で、4 月下旬から小さな伸びがみられる。④⑤の基線には、東北地方太平洋沖地震 (2011 年 3 月 11 日) に伴うステップ状の変化が見られる。また、2012 年末頃から 2013 年 2 月下旬頃にかけて、わずかな伸びの傾向が見られた。なお、GNSS 基線③～⑦は第 9 図の③～⑦に対応。また、解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。



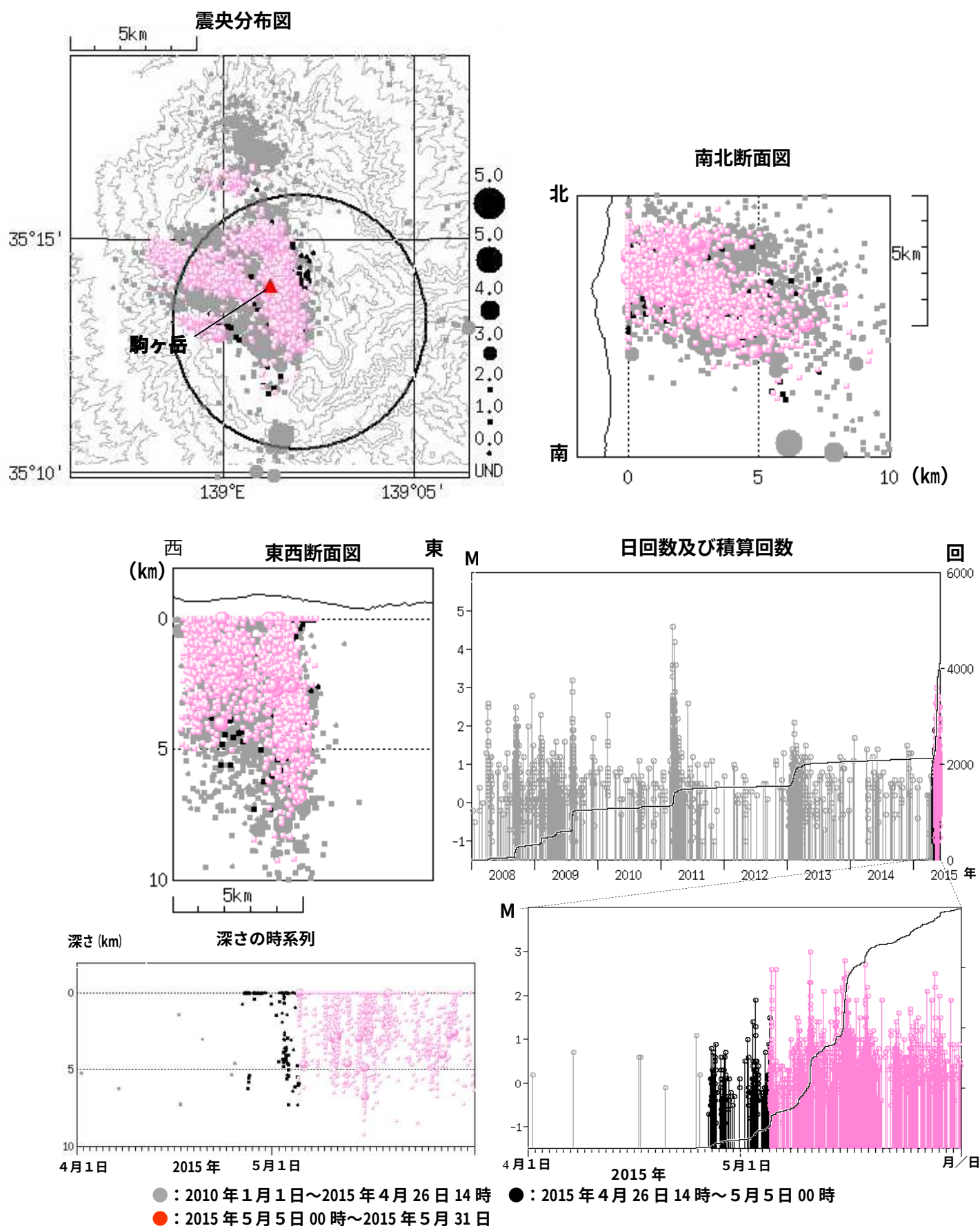
第 11 図 箱根山周辺のGEONETによる変動ベクトル（2015 年 4 月～5 月）

黒矢印：2015 年 4 月 1 日～10 日の平均値と 5 月 10 日～23 日の平均値の差から計算される変動ベクトル

赤矢印：茂木モデルを用いたグリッドサーチから推定したモデルからの計算値

固定点は富士観測点（93076）とした。

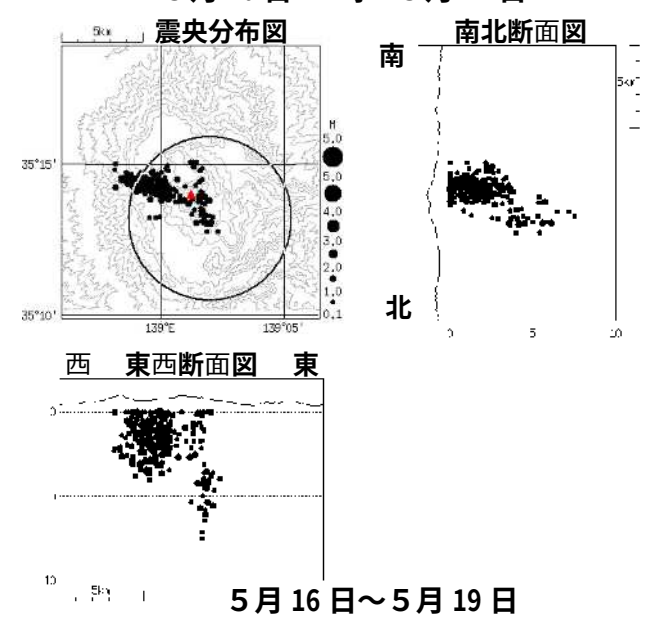
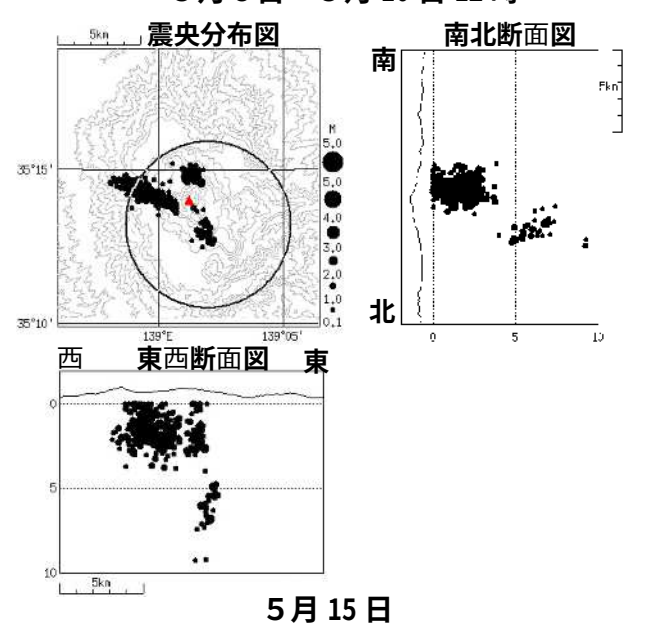
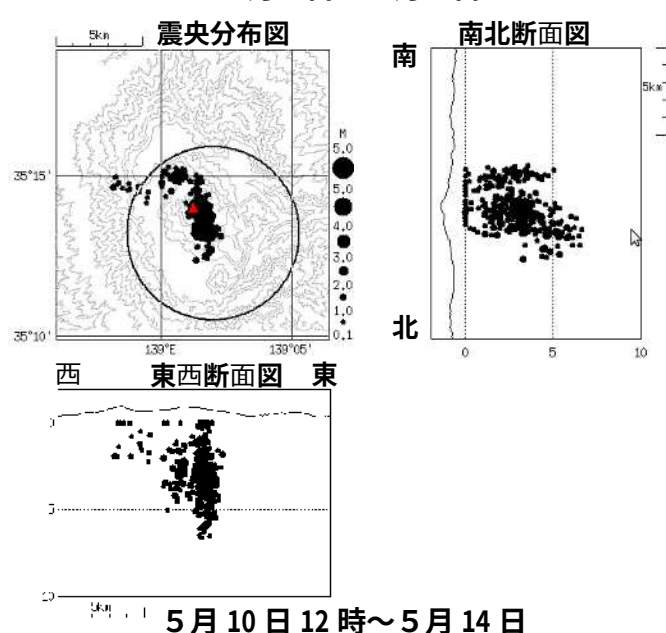
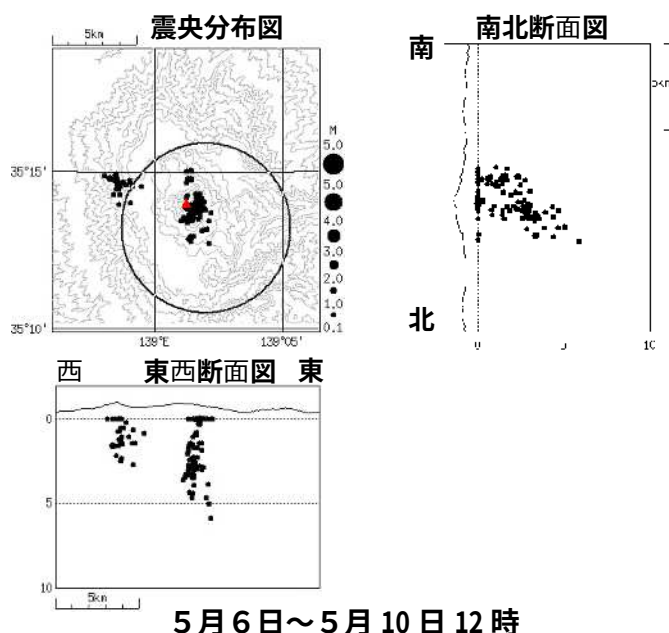
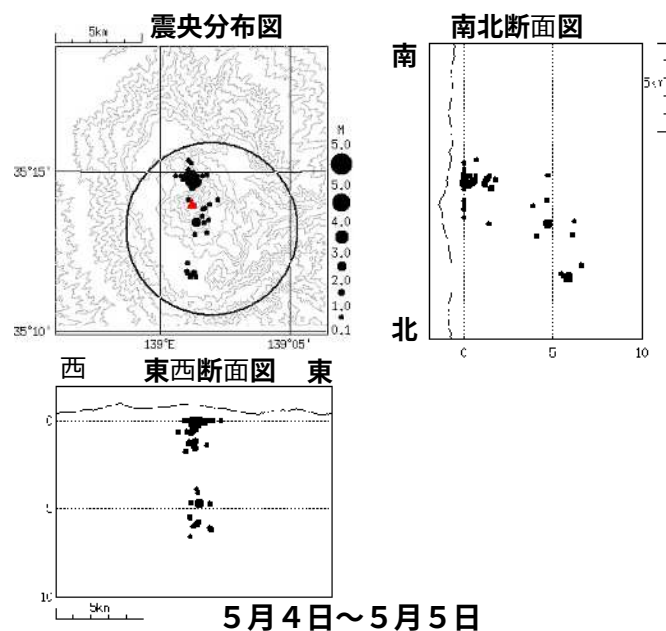
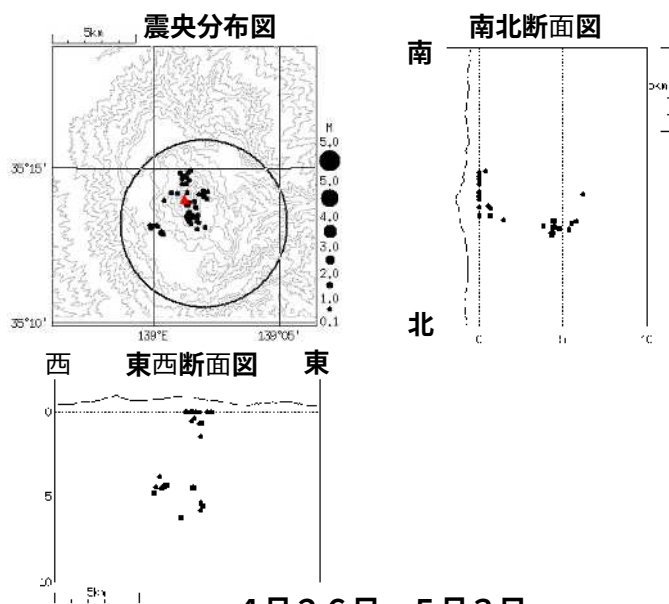
グリッドサーチによって推定したモデルは×印の位置で、深さが 5 km、体積変化量は  $2 \times 10^6 \text{ m}^3$  と推定された。

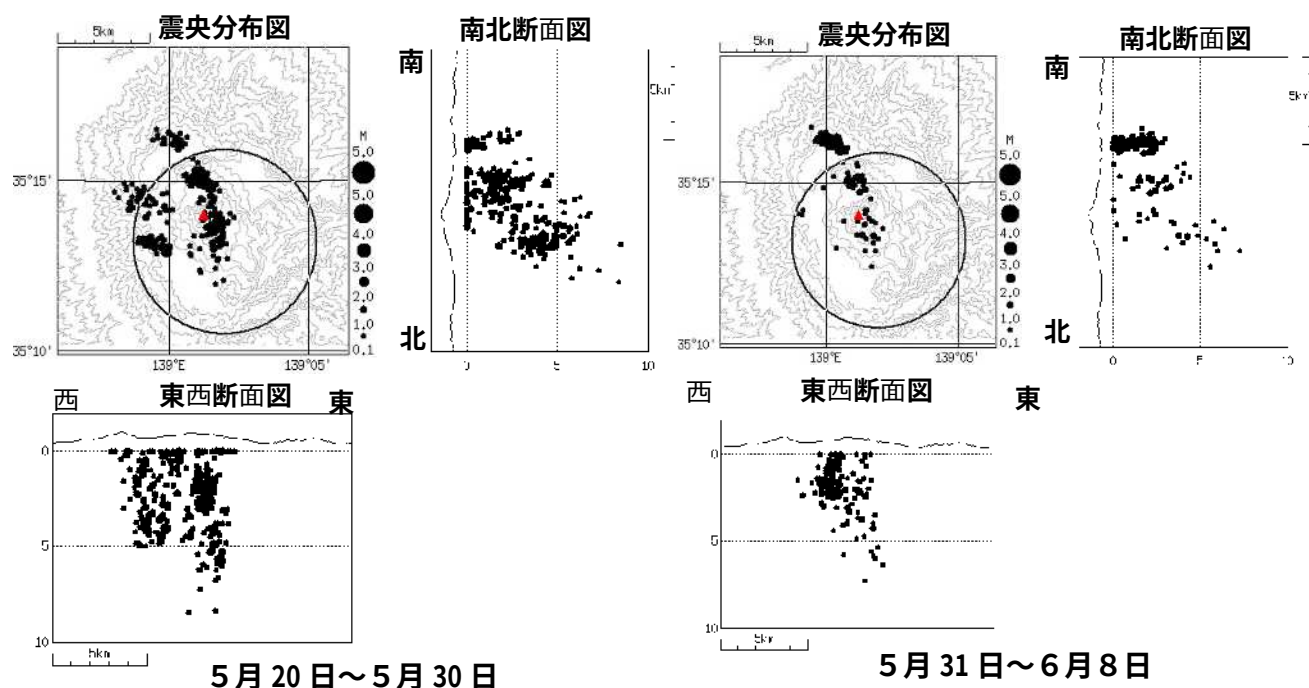


第 12 図 箱根山 一元化による大涌谷周辺の震源分布図(2010 年 1 月 1 日 ~ 2015 年 5 月 31 日)

M (マグニチュード) は地震の規模を表す。図中の震源要素は一部暫定値が含まれており、後日変更することがある。  
 震央分布図の円は、駒ヶ岳観測点(温)を中心とした半径 5 km の範囲を示している。



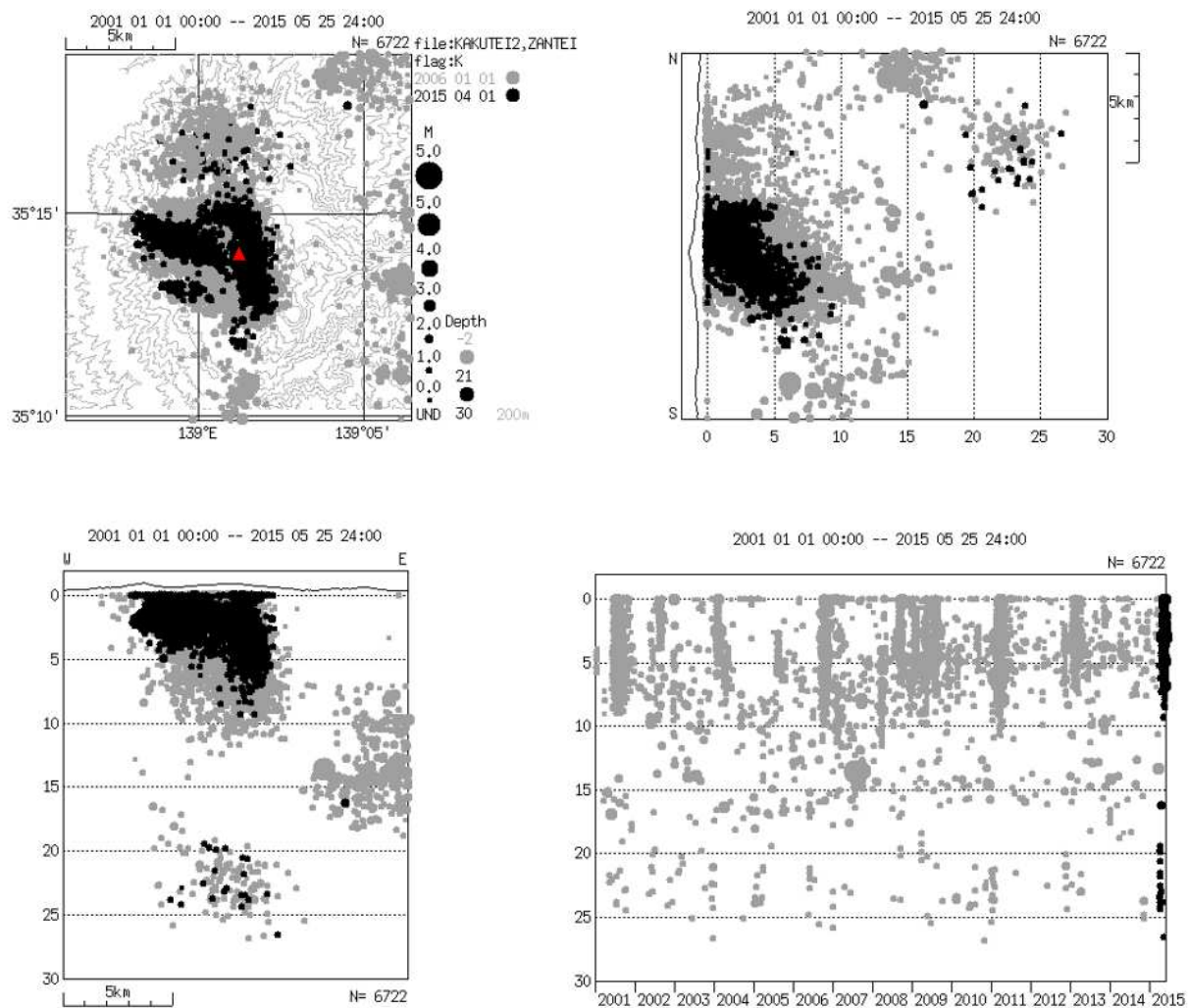




第 13- 1 図 箱根山 震源位置の推移 (2015 年 4 月 26 日～6 月 8 日)

震央分布図の円は、駒ヶ岳観測点 (温) を中心とした半径 5 km の範囲を示している。

4 月下旬頃から大涌谷付近から神山付近の深さ 0～2 km の浅い所で地震が増加し、その後駒ヶ岳付近でも地震が増加した。5 月初め頃からは深さ 5～6 km の深い所を震源とする地震も増加した。5 月 8 日頃からは駒ヶ岳から神山にかけての深い所を震源とする地震が増加した。5 月 10 日頃には湖尻周辺の浅い所の地震が増えはじめ、5 月 15 日には震源の中心が湖尻周辺に移動した。5 月末からは北側の金時山付近を震源とする地震が増えはじめ、5 月 31 日以降は震源の中心が金時山付近に移動した。

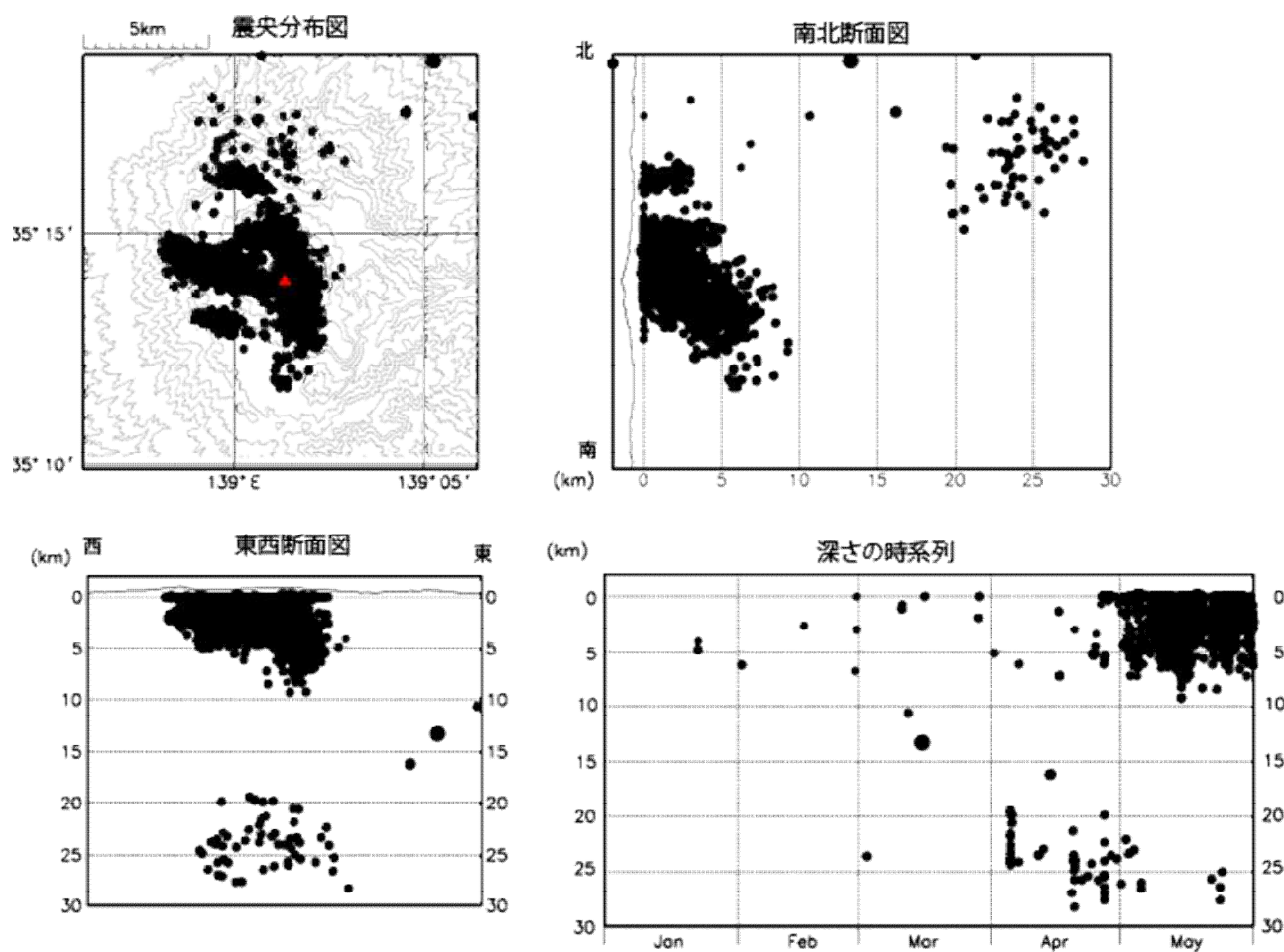


第 13-2 図 箱根山 一元化による震源分布図（深さ 30km まで）  
（2001 年 1 月 1 日～2015 年 5 月 25 日）

●：2001 年 1 月 1 日～2015 年 3 月 31 日 ●：2015 年 4 月 1 日～5 月 25 日

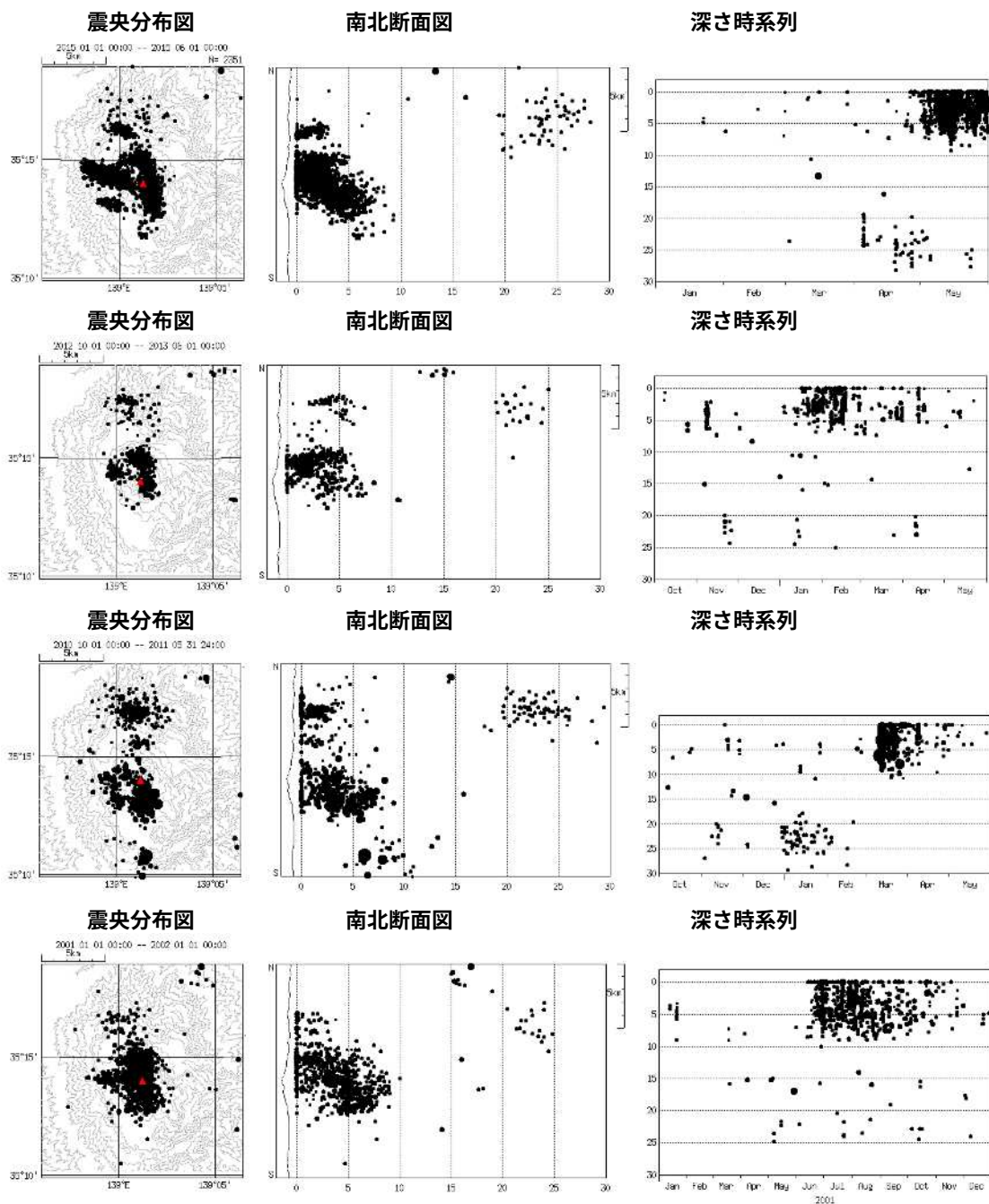
- ・浅部の地震活動の活発時には、カルデラ北部の深さ 20～25km 付近でも地震活動がみられる。



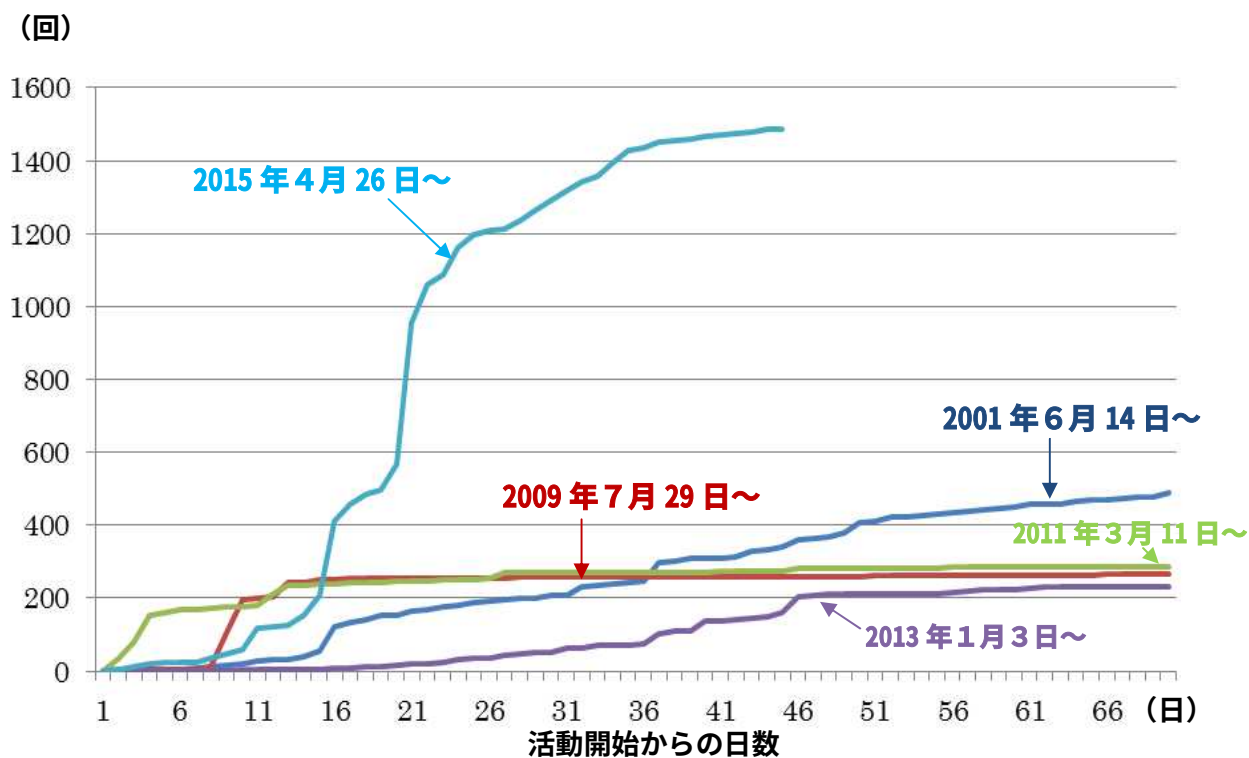


第 13－3 図 箱根山 一元化による震源分布図（深さ 30km まで）  
（2015 年 1 月 1 日～5 月 31 日）

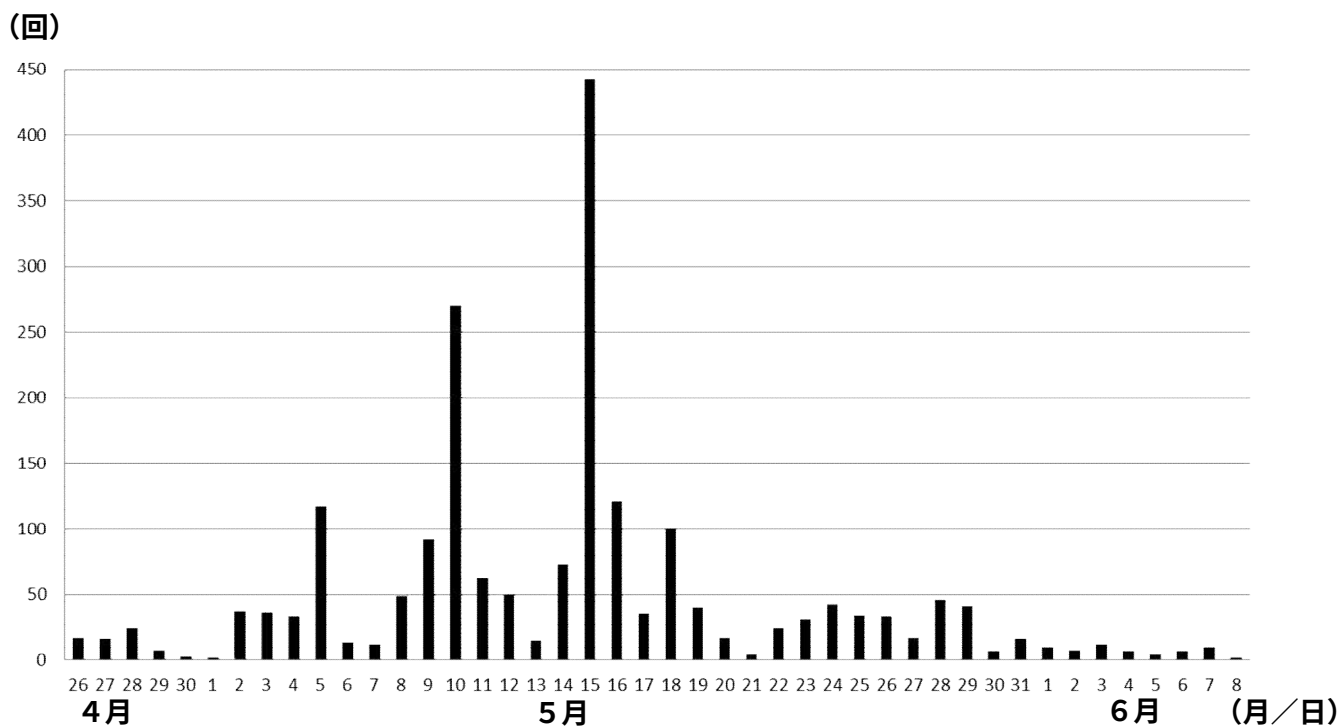
- ・浅部の地震活動の活発時に先立つ 4 月 5 日頃からカルデラ北部の深さ 20～25km 付近での地震活動がみられる。  
※参考震源を含んでおり震源位置については誤差の大きいものもある。



第 13－ 4 図 箱根山 一元化による過去の活発時の震源分布図（深さ 30km まで）  
 最上段から 2015 年 1 月 1 日～ 5 月 31 日、2012 年 10 月 1 日～ 2013 年 5 月 31 日  
 2010 年 10 月 1 日～ 2011 年 5 月 31 日、2001 年 1 月 1 日～ 12 月 31 日  
 ※参考震源を含んでおり震源位置については誤差の大きいものもある。

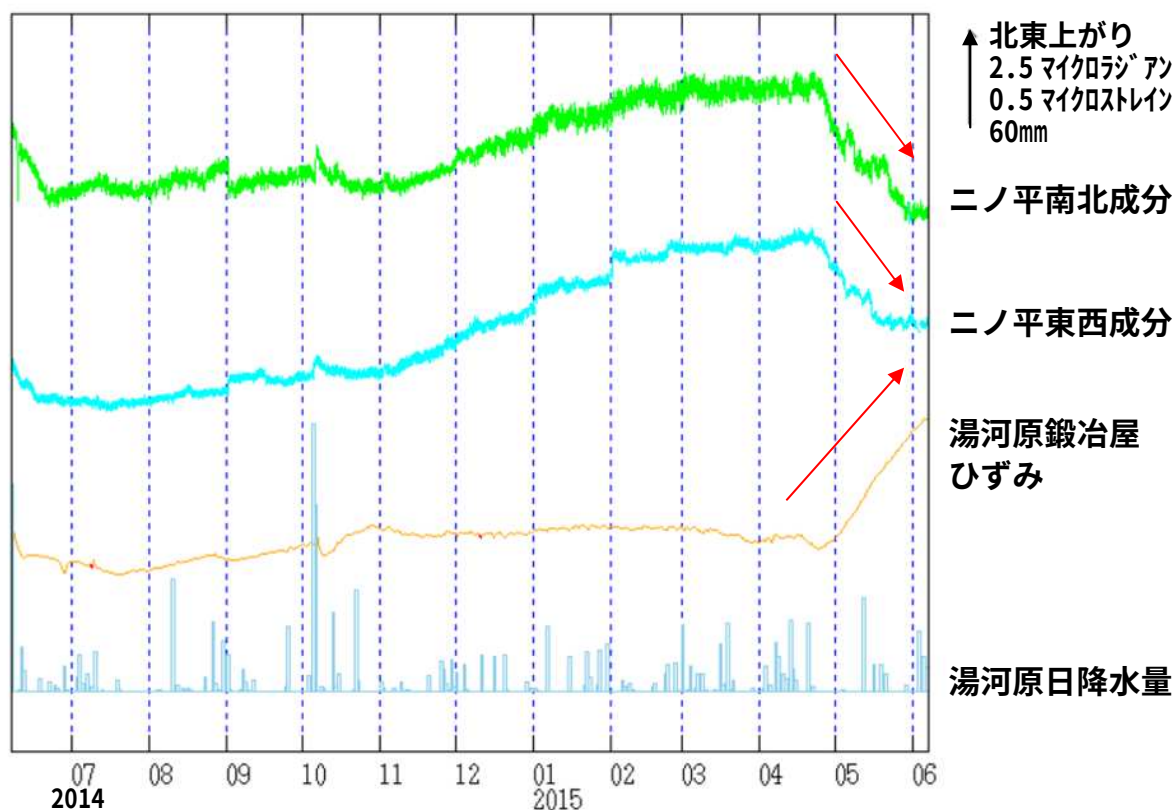
第 14 図 箱根山 過去の地震活動との比較 ( $M \geq 0.1$ )

2015 年の活動は 6 月 8 日まで。2015 年については速報値であり、後日変更することがある。  
 駒ヶ岳観測点（温）を中心とした半径 5 km の範囲に震源が求まった地震を積算している。  
 過去の地震活動と比較して活発な状況で経過している。



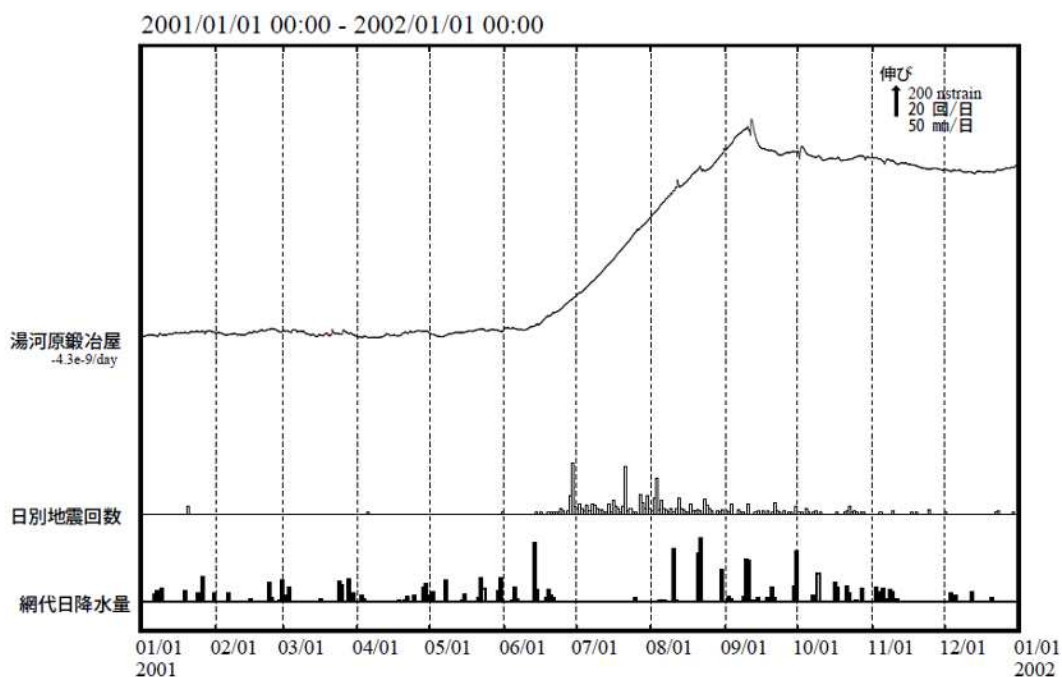
第 15 図 箱根山 火山性地震の日別回数 (2015 年 4 月 26 日～6 月 8 日)  
 4 月 26 日から増加している。日回数の最多は 5 月 15 日の 442 回  
 で日回数としては 2001 年以降最多である。



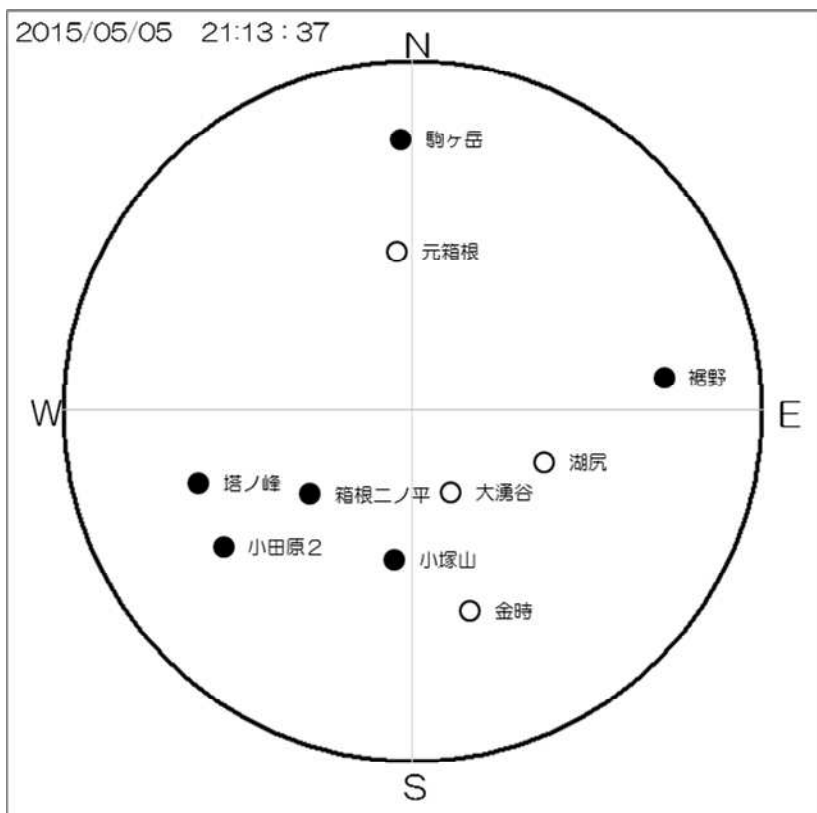
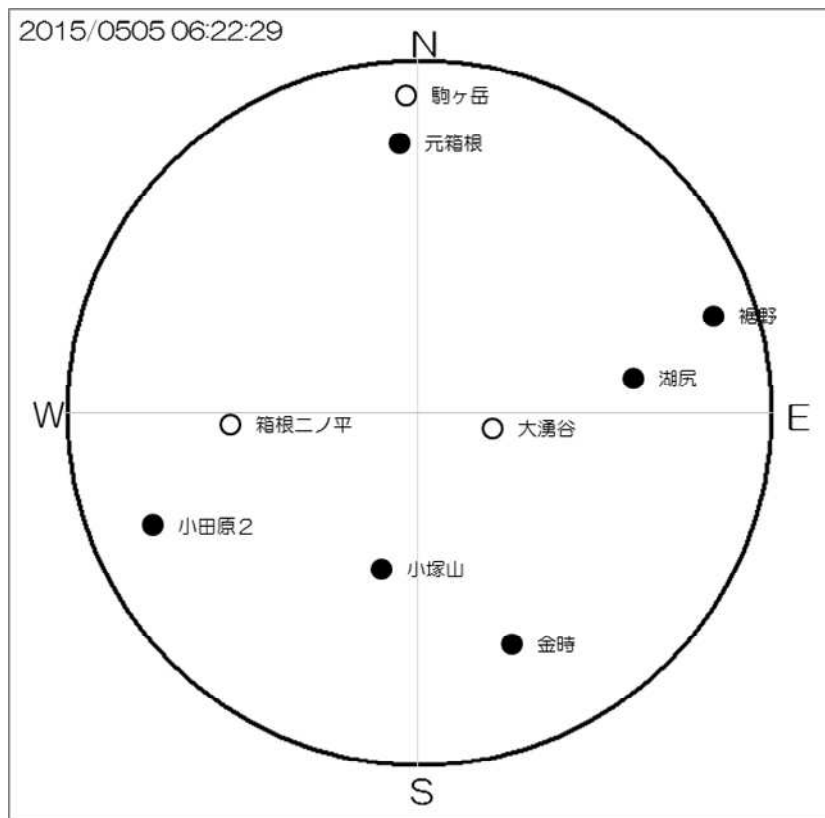


第 16 図 箱根山 ニノ平観測点傾斜データ及び湯河原鍛冶屋観測点におけるひずみデータの変化（2014 年 6 月 7 日～2015 年 6 月 6 日）

ニノ平観測点の傾斜計では、4 月下旬頃から南西上がり（山側上がり）の変化が続いている。  
湯河原鍛冶屋観測点の体積ひずみ計では、4 月下旬頃から伸びの変化が続いている。



第 17 図 箱根山 湯河原鍛冶屋観測点におけるひずみ変化（気圧・潮汐・降水補正）と地震活動の推移（2001 年 1 月 1 日～2002 年 1 月 1 日）



第 18 図 箱根山 5 月 5 日 06 時 22 分及び 21 時 13 分の地震の  
押し引き分布

## ALOS-2/PALSAR-2 データを使った 箱根山周辺における SAR 干渉解析結果

5 月に撮像されたデータを含むペアにおいて、大湧谷の局所的な場所で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

### 1. はじめに

2014 年 5 月に打ち上げられた ALOS-2/PALSAR-2 は、L バンド SAR を有している国産の衛星で、回帰日数 14 日で極軌道を周回している。植生が多い山岳地域においても地表面までレーダ波が到達する L バンド SAR は、火山活動に伴う地殻変動を面的に捉えることが可能である。先代の ALOS/PALSAR よりも空間分解能が上がった ALOS-2/PALSAR-2 は、微細な地表変化を検出することが可能である。

気象研究所では、2014 年 4 月下旬以降に火山活動が活発になった箱根山周辺について、干渉解析による地殻変動の検出を試み、大湧谷付近における局所的な地殻変動を検出したので報告する。

### 2. 解析結果

活動が活発になる以前のペアも含め干渉解析を行ったペアを表 1 及び図 1 に示す。また、火山活動に伴い局所的な変化のあった大湧谷周辺の拡大図について図 2 に示す。その結果、箱根山全体では、大湧谷付近を除き、ノイズレベルを超える地殻変動は認められなかった。5 月以降に撮像されたデータを含む干渉ペアにおいては、大湧谷の局所的な場所で、衛星視線方向短縮の位相変化が認められた。大湧谷の局所的な地殻変動経過を見るために、強羅集落付近を無変動と仮定して、アンラップ画像を作成し変動量を計算した（表 1 及び図 3）。また、得られた変動が、地震活動が活発化した 4/26 以降に発生したと仮定し、大湧谷の局所的な地殻変動の時系列変化を推定した（図 4）。その結果、大湧谷周辺の地殻変動はやや鈍化傾向にあるものの継続しており、2015 年 6 月 7 日までに、約 37cm 隆起したと推定された。

表 1 干渉処理に使用したデータ

| Path<br>Frame | 軌道<br>方向 | 照射<br>方向 | データ 1        | データ 2        | 大湧谷付近の<br>LOS 方向変動量 | 図番号             |
|---------------|----------|----------|--------------|--------------|---------------------|-----------------|
| 24-2870       | 南行       | 左        | 2014. 11. 08 | 2015. 01. 31 | －                   | 図 1, 2-a        |
| 125-700       | 北行       | 右        | 2014. 12. 21 | 2015. 03. 01 | －                   | 図 1, 2-b        |
| 126-690       |          |          | 2014. 12. 12 | 2015. 04. 17 | －                   | 図 1, 2-c        |
| 18-2910       | 南行       |          | 2014. 10. 09 | 2015. 05. 07 | 5. 9cm 短縮           | 図 1, 2-d, 図 3-a |
| 125-700       | 北行       |          | 2015. 03. 01 | 2015. 05. 10 | 8. 4cm 短縮           | 図 1, 2-e, 図 3-b |
| 126-690       |          |          | 2015. 04. 17 | 2015. 05. 15 | 9. 1cm 短縮           | 図 1, 2-f, 図 3-c |
| 18-2910       | 南行       |          | 2015. 05. 07 | 2015. 05. 21 | 11. 9cm 短縮          | 図 1, 2-g, 図 3-d |
| 125-700       | 北行       |          | 2015. 05. 10 | 2015. 05. 24 | 6. 2cm 短縮           | 図 1, 2-h, 図 3-e |
| 18-2910       | 南行       |          | 2015. 05. 21 | 2015. 06. 04 | 11. 4cm 短縮          | 図 1, 2-i, 図 3-f |
| 125-700       | 北行       |          | 2015. 05. 24 | 2015. 06. 07 | 3. 5cm 短縮           | 図 1, 2-j, 図 3-g |



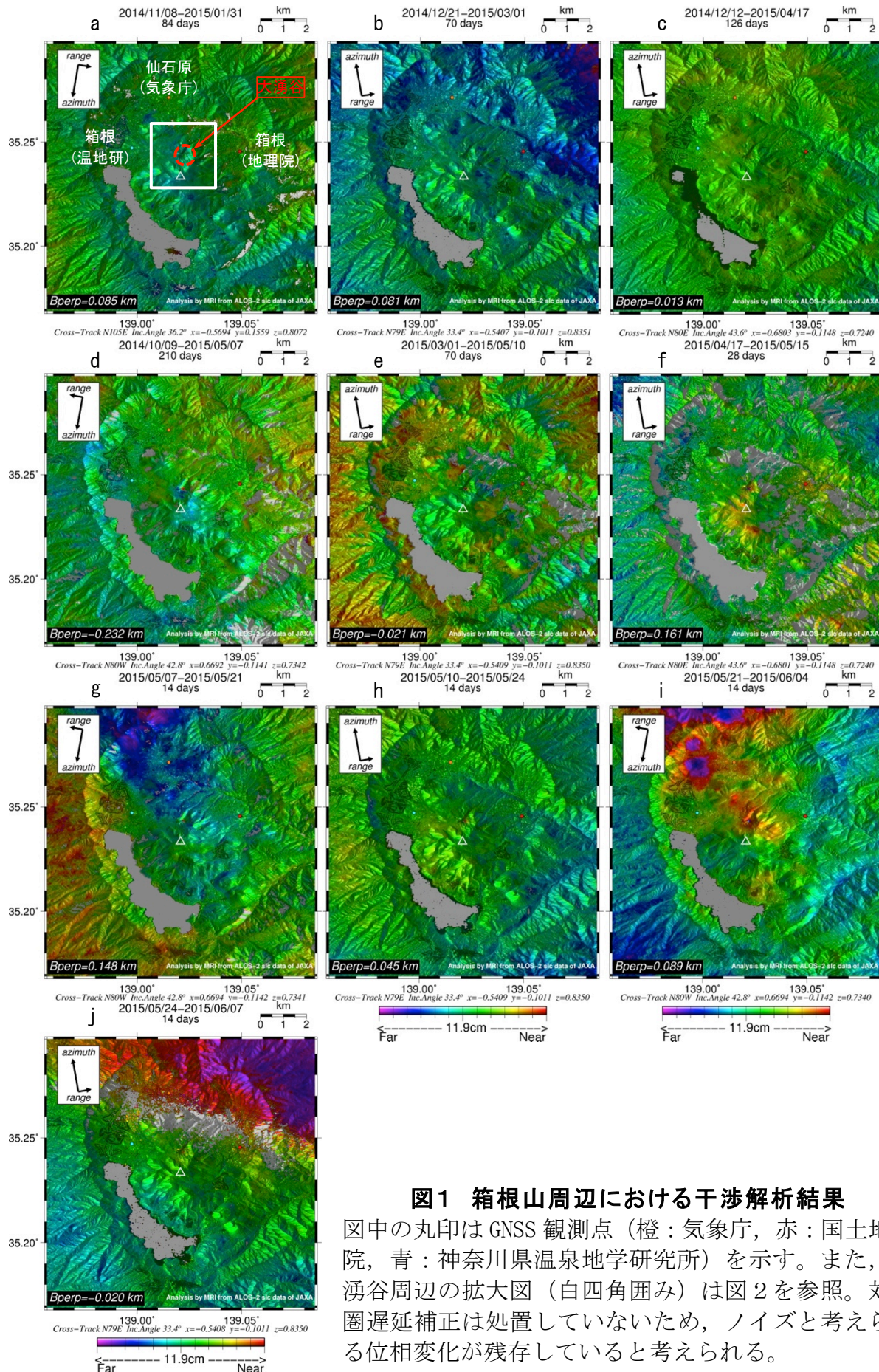


図1 箱根山周辺における干渉解析結果

図中の丸印はGNSS観測点（橙：気象庁，赤：国土地理院，青：神奈川県温泉地学研究所）を示す。また，大湧谷周辺の拡大図（白四角囲み）は図2を参照。対流圏遅延補正は処置していないため，ノイズと考えられる位相変化が残存していると考えられる。



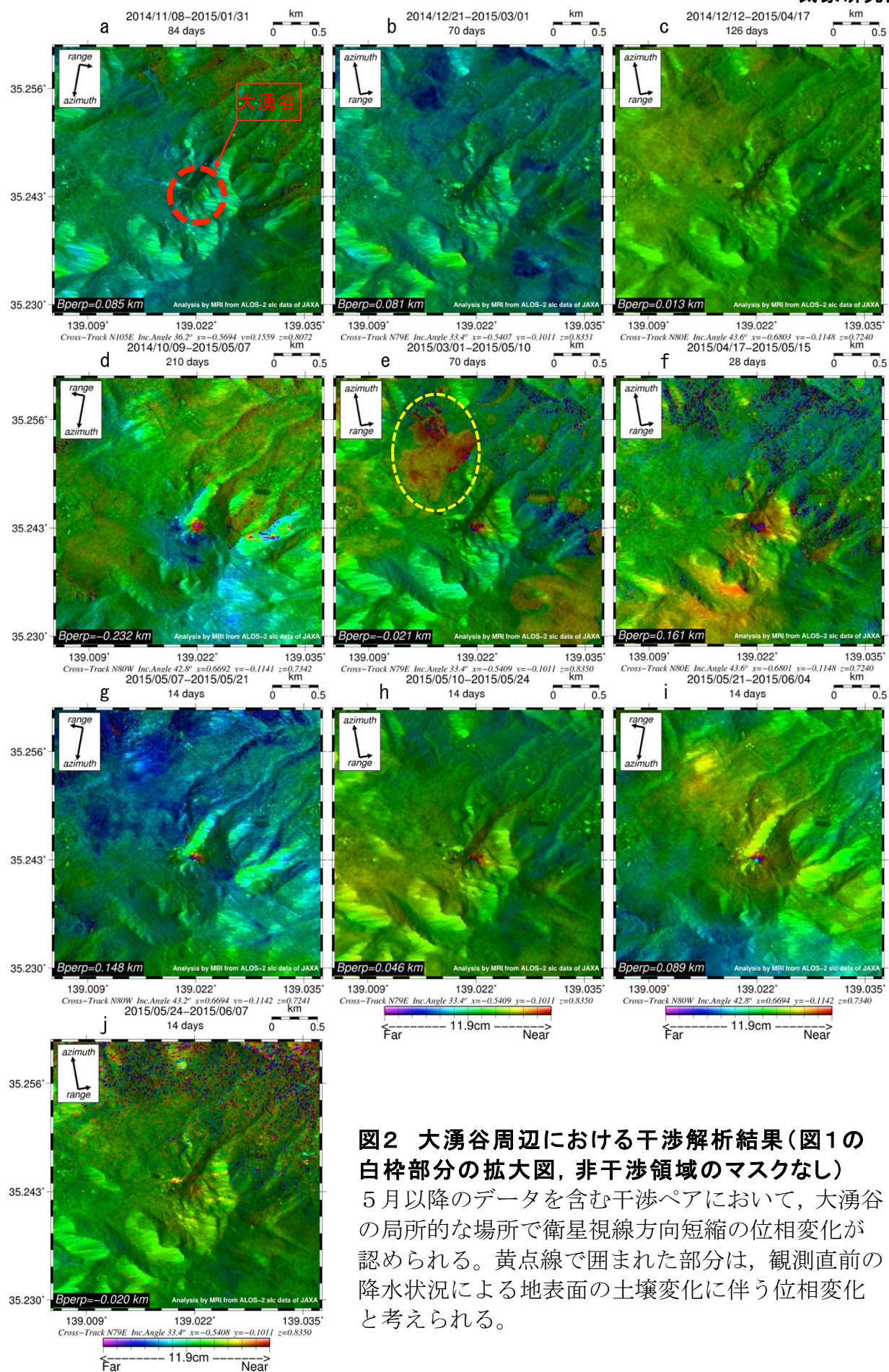


図2 大湧谷周辺における干渉解析結果(図1の白枠部分の拡大図, 非干渉領域のマスクなし)

5月以降のデータを含む干渉ペアにおいて, 大湧谷の局所的な場所で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。黄点線で囲まれた部分は, 観測直前の降水状況による地表面の土壌変化に伴う位相変化と考えられる。



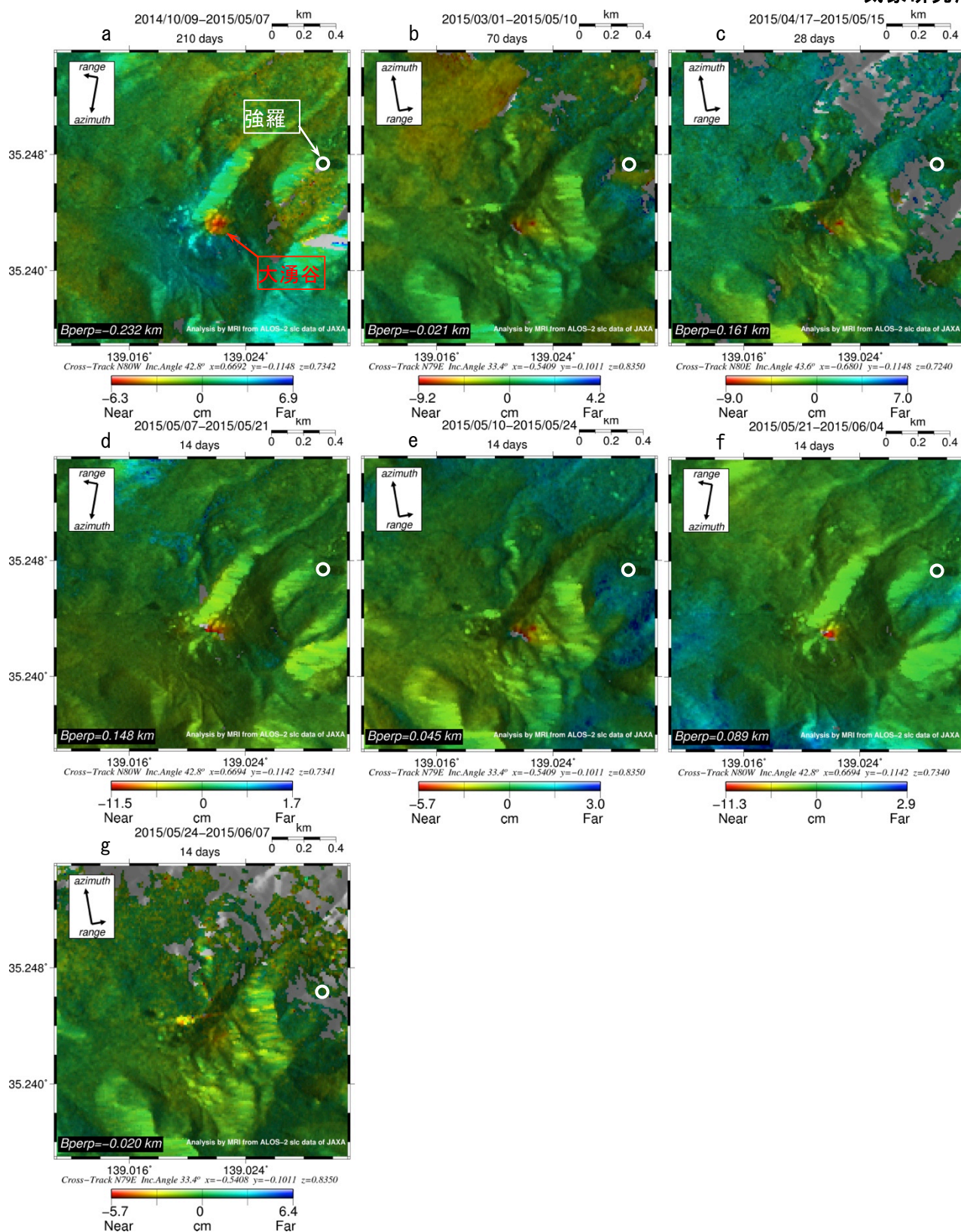


図3 2015 年5月以降のデータを含む干渉ペアのアンラップ画像結果

図中の白丸は無変動と仮定した地点（強羅）を示す。大湧谷の局所的な場所で衛星視線方向短縮の変動が認められる。図によって解析期間及びスケールが異なることに注意。

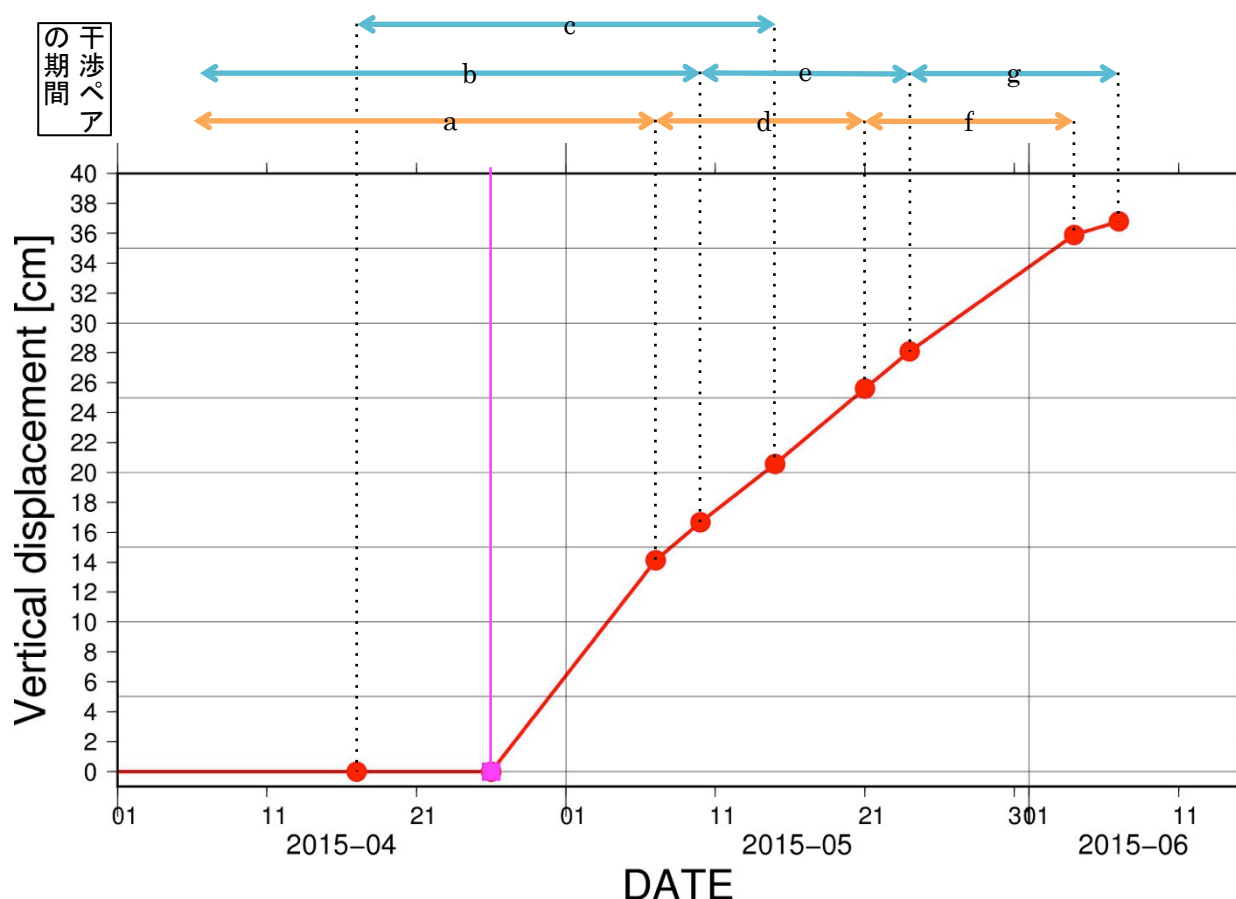


図4 2015 年4月以降の観測日における鉛直方向の変動量時系列グラフ

地震が増加した 2015 年 4 月 26 日（図中のマゼンタ線）に一連の地殻変動が開始したと仮定し、干渉解析から得られた衛星視線方向の変動量をすべて鉛直方向の変動量として計算した。グラフ上の干渉ペアの期間（a～g）は図 3 と同じで水色は北行軌道、橙色は南行軌道を示す。

#### 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（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。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 を使用した。ここに記して御礼申し上げます。



## 箱根山

### ○地震活動の概況

箱根山では、2015 年 4 月 26 日以降、地震活動が活発化している（図 2、図 3）。震源の多くは深さ 6km 以浅で、活動開始当初から 5 月 7 日頃までは大涌谷から神山にかけての中央火口丘北部であった。その後、5 月 8 日頃からは活動の中心を駒ヶ岳（中央火口丘直下）に移し、5 月 14 日には大涌谷のやや北西寄りの場所で活発化した。さらに、5 月 15 日から 16 日にかけて湖尻（中央火口丘の北西方向）で非常に活発な地震活動が発生したのち、5 月 26 日頃から金時山（中央火口丘の北方）で活発化した（図 4）。地震活動は活動の中心を移しつつ、消長を繰り返しながら活発な状況が継続している。

これまでの最大は 5 月 31 日に金時山周辺で発生した M3.1（温地研による）の地震である。この地震の際、温泉地学研究所が大涌谷に設置した震度計で震度 3 相当の揺れを観測した。今回の活動で、大涌谷で震度 1 相当以上の揺れとなる地震は 93 回観測されている（6 月 6 日現在）。

Double Difference 法による高精度震源決定を行ったところ、湖尻付近や大涌谷付近では平面状の震源分布をすることが分かった。5 月 4 日から 5 日にかけて発生した大涌谷直下の地震活動と、5 月 15 日から 16 日かけての湖尻付近での地震活動の際には、震源が移動していく様子が確認できた（図 5、図 6）。

地震（ $M \geq 0.1$ ）の積算数の変化をみると、今回の活動は、緩やかに立ち上がって長期間継続する 2001 年、2006 年、2013 年の活動に近いが、地震数の増加はかなり速い（2011 年は東北地方太平洋沖地震（M9.0）による誘発地震）（図 7）。

### ○地殻変動の状況

当所が箱根カルデラ内に設置した傾斜計では（図 1）、地震活動が活発化し始めた頃から、傾斜変動が観測されている（図 8、図 9）。これらの傾斜変動は、傾斜速度が大きいときに、観測点近傍で発生する地震数が増加傾向にあるように見える（図 11）。

箱根山での火山活動に伴う傾斜変動が観測されたのは、2001 年、2013 年に次いで 3 回目である。今回の傾斜計の変動速度は過去最大であった 2001 年の群発地震活動よりも速い（図 9、図 10）。また、今回の活動初期の傾斜変動からは、浅部の開口クラック 2 つが活動的であった可能性が示唆される（図 12）。

GPS の観測結果では、山体膨張が観測されている（図 13、図 14）。箱根周辺にある国土地理院の GNSS データを用いたスタッキング解析を行ったところ、地震活動の活発化に先行して基線長の変化が確認できた（図 15、図 16）。過去の群発地震の際にもこのような変化は観測されている。

その他、今回の活動に伴い光波測量にも若干の変動が見られているが、地下水位には特段の変化は見られていない（図 17、図 18）。

### ○地表面現象

2001 年の活動の際には大涌谷の蒸気井の暴噴が生じたほか、地震活動が終わった後に上湯場（大涌谷の北側斜面）で噴気・地熱地帯の拡大などの変化が現れた。

今回の活動では、5 月 3 日頃より大涌谷の噴気異常が確認され、干渉 SAR の解析結果では、暴噴している蒸気井の周辺で局所的な隆起が観測されている（図 19、図 20）。この隆起に伴うと考えられる亀裂が、噴気異常の周辺で確認された（図 21）。

熱赤外カメラによる大涌沢の観測結果では、蒸気井の温度は、低下傾向にある（図 22）。

なお、大涌谷以外（上湯場等）には顕著な変化は観測されていない。

### ○その他

主要な温泉について、源泉所有者へ聞き取りを行った結果によれば、現時点では温泉温度等に特段の変化は確認されていない。

なお、本資料の作成に当たっては、国土地理院発行の数値地図 50mメッシュを使用しました。震源決定については、当所データの他に東京大学地震研究所、防災科学技術研究所および気象庁の地震波形データを利用しました。国土地理院による GNSS 観測データを利用しました。傾斜データの解析には、気象研究所が開発した MaGCAP-V を使用しました。ALOS-2/PALSAR-2 による観測データは、火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通して、JAXA から提供されたものです【原初データ (c)JAXA】。解析には、防災科学技術研究所が開発した SAR 干渉解析ツール(RINC)を使用しました。

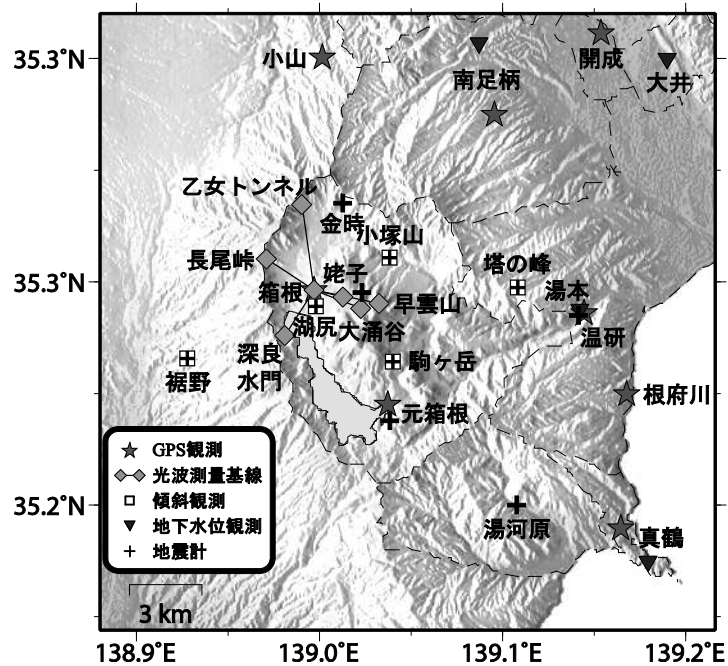


図 1 観測点分布図

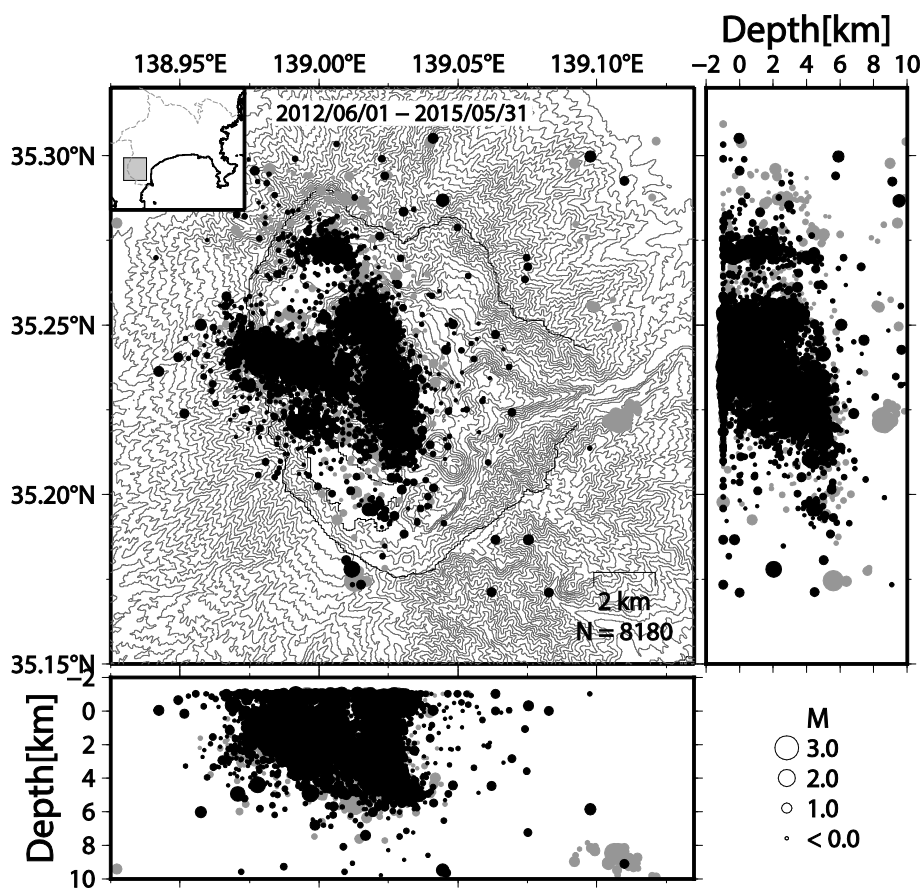


図 2 箱根火山周辺の震源分布 (2012 年 6 月 1 日～2015 年 5 月 31 日)

黒丸は 2015 年 2 月 1 日～2015 年 5 月 31 日、灰色の丸は 2012 年 6 月 1 日～2015 年 1 月 31 日を示す。



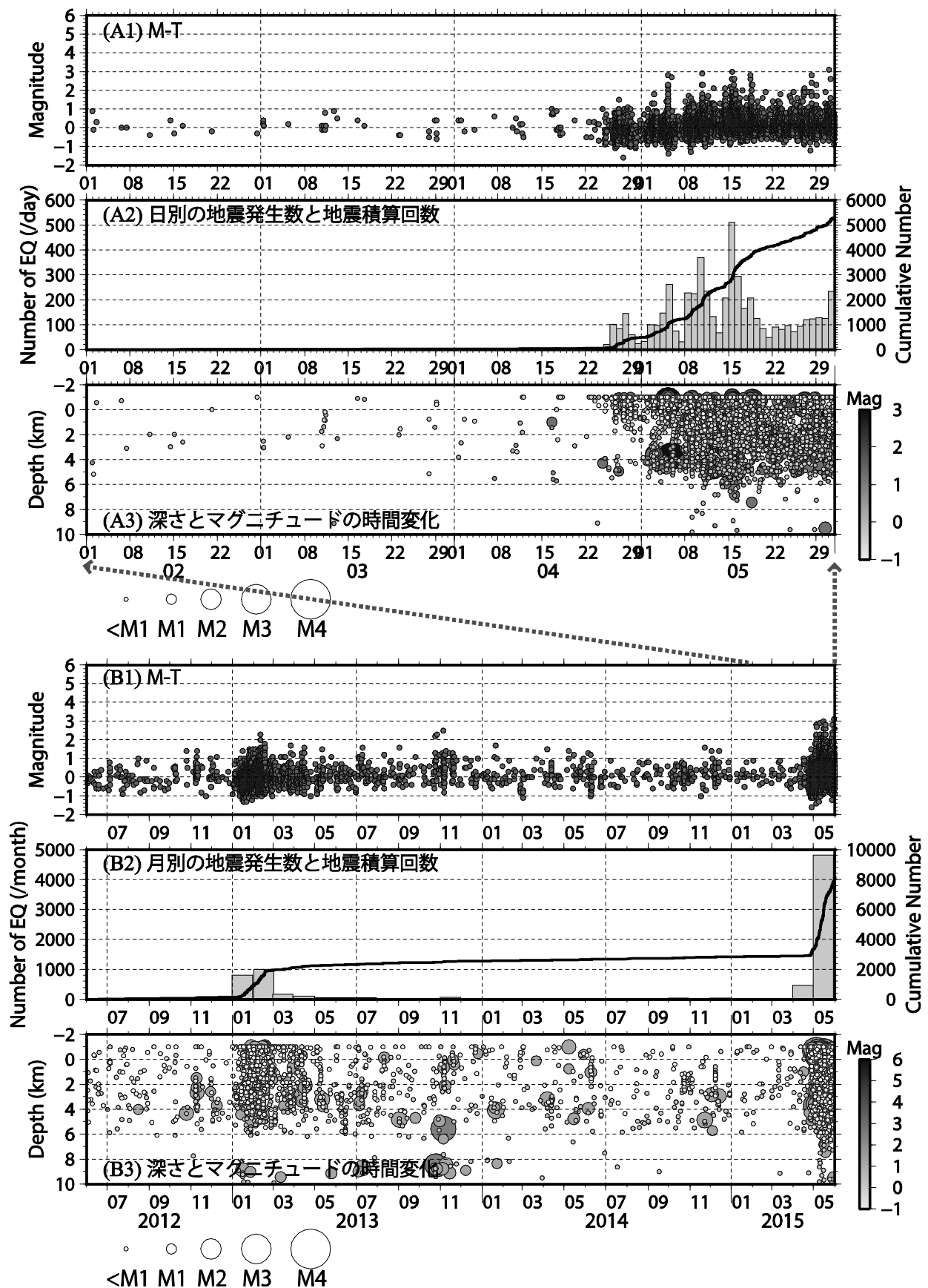


図3 箱根火山周辺の地震活動 (2012年6月1日～2015年5月31日)

(A)は2015年2月1日～2015年5月31日、(B)は2012年6月1日～2015年5月31日を示す。

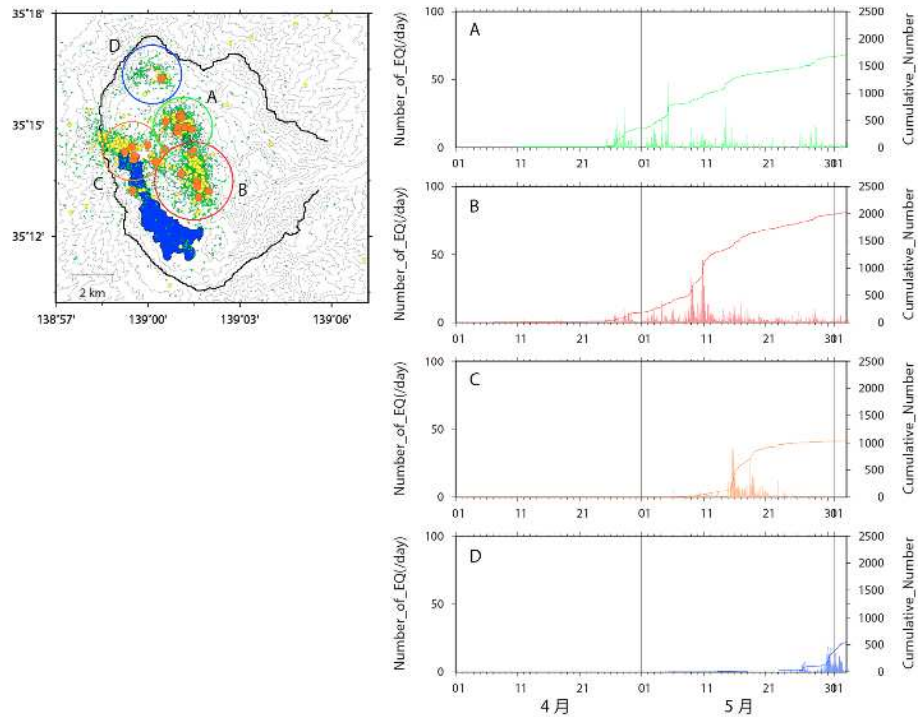


図 4 箱根火山周辺の地震活動（2015 年 4 月 1 日～6 月 3 日）  
地震活動域ごとの日別地震数と地震積算曲線を示す。

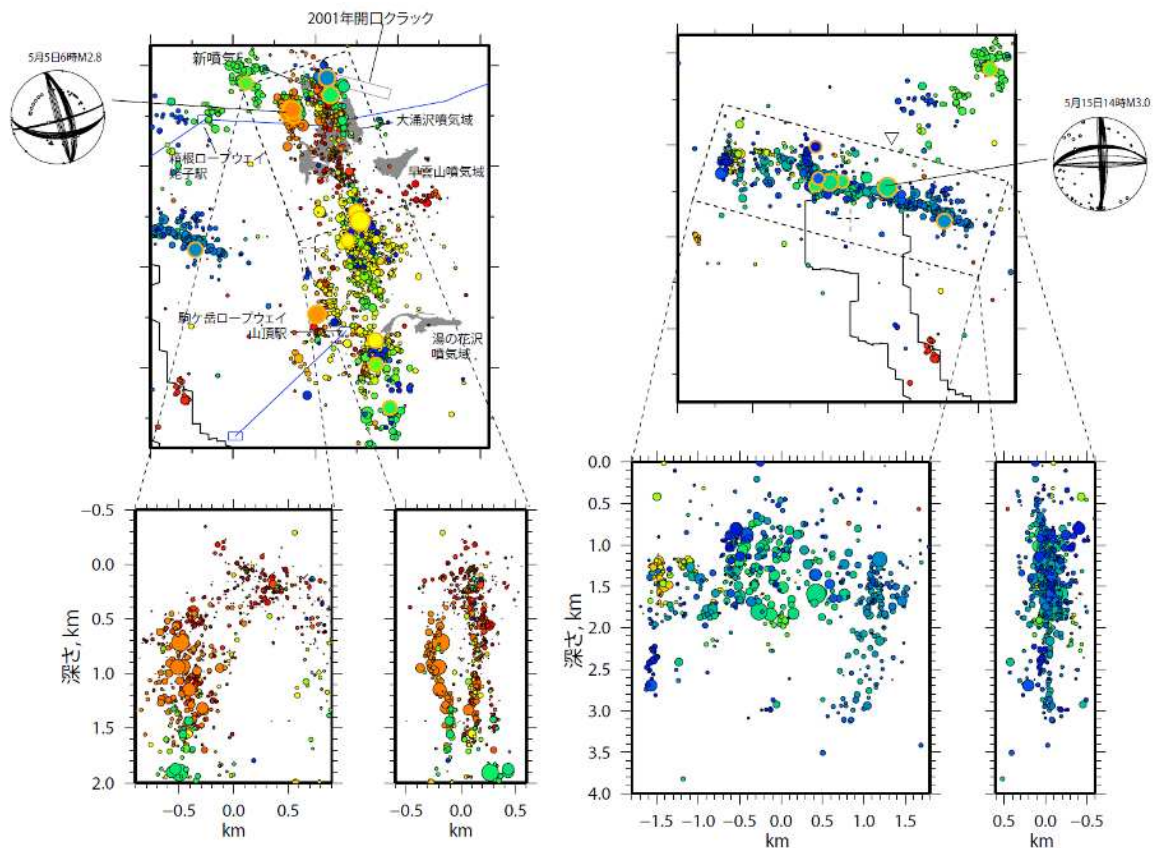
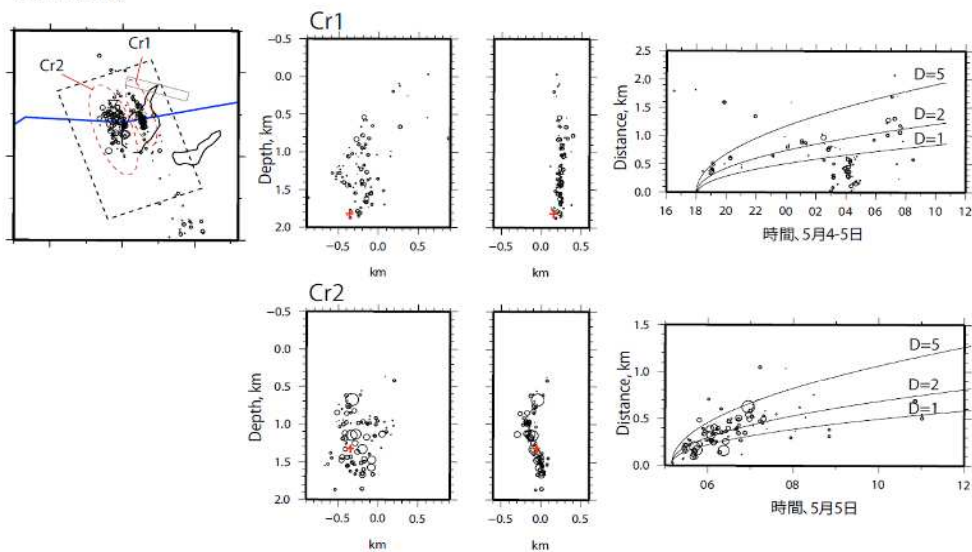


図 5 DD 法によって推定された、震源の面上分布（2015 年 4 月 25 日～5 月 17 日）  
（左）中央火口丘（大涌谷、神山、駒ヶ岳）周辺の活動。  
（右）湖尻周辺の活動。

震源の移動(拡散)速度 $D(=m^2/sec)$ の推定

大涌谷域



湖尻域

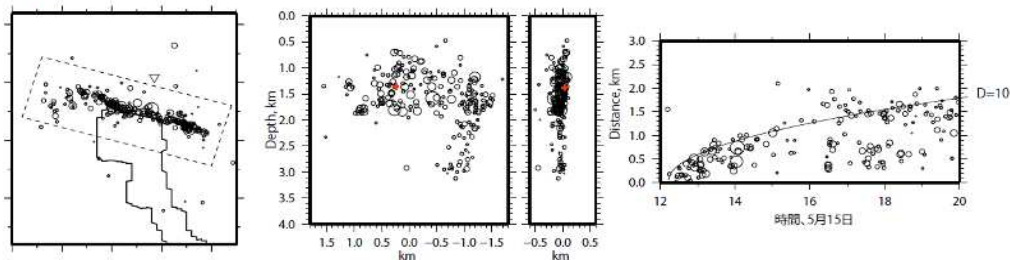


図6 震源の移動と拡散速度

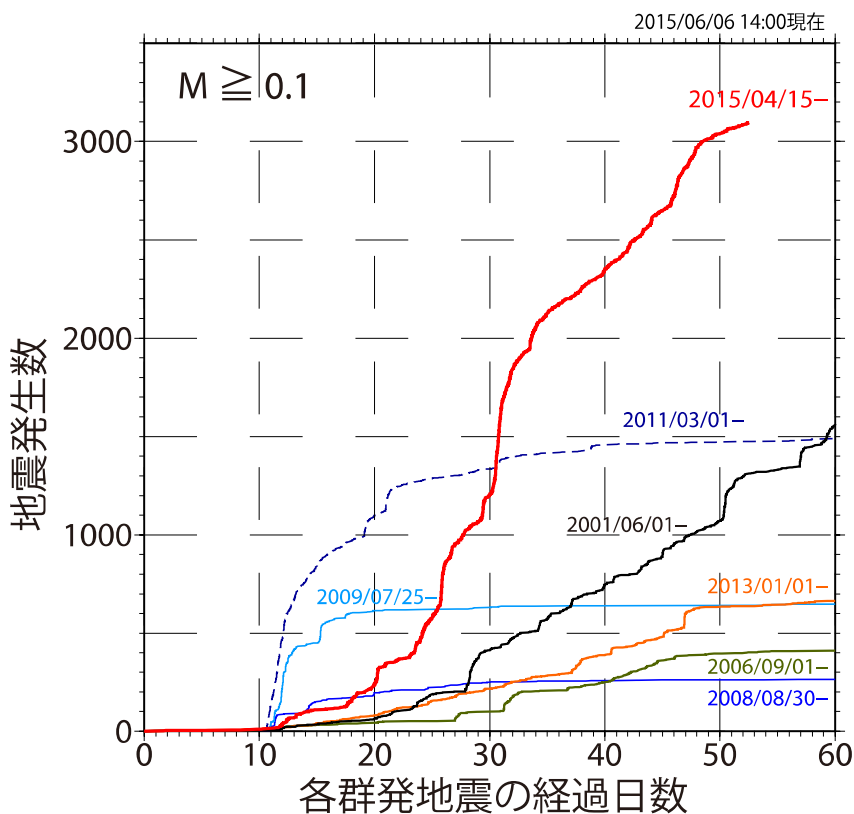


図7 群発地震活動の時間経過の比較  
M0.1以上の地震について、過去の群発地震活動における活動開始からの地震の積算数を比較



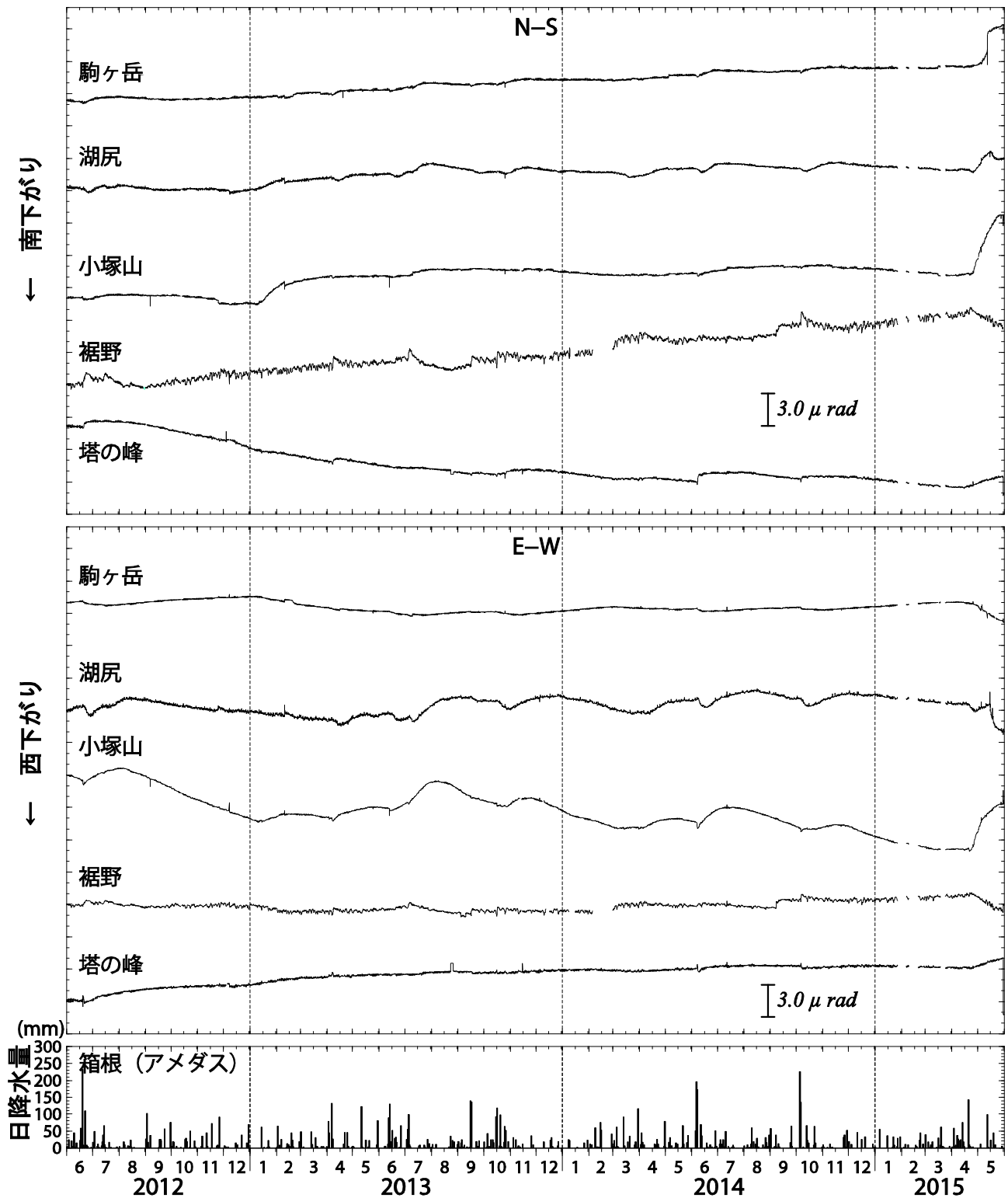


図8 傾斜変動 (2012年6月1日~2015年5月31日)

ステップや異常値の一部は取り除いている。日降水量は気象庁アメダス観測点(箱根)を使用した。

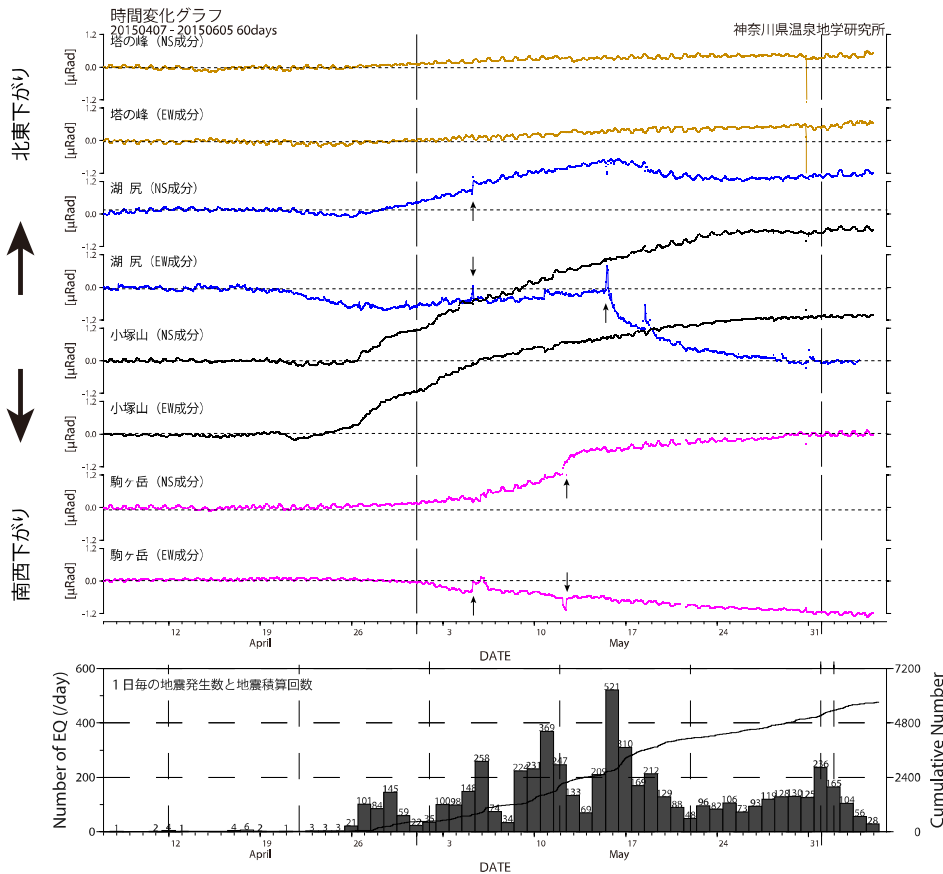


図9 傾斜変動 (2015年4月7日～6月5日)

矢印は、地震によるとびを示す。湖尻観測点に見られる5月15日以後の急激な変動は、ごく近傍で発生した地震による影響。

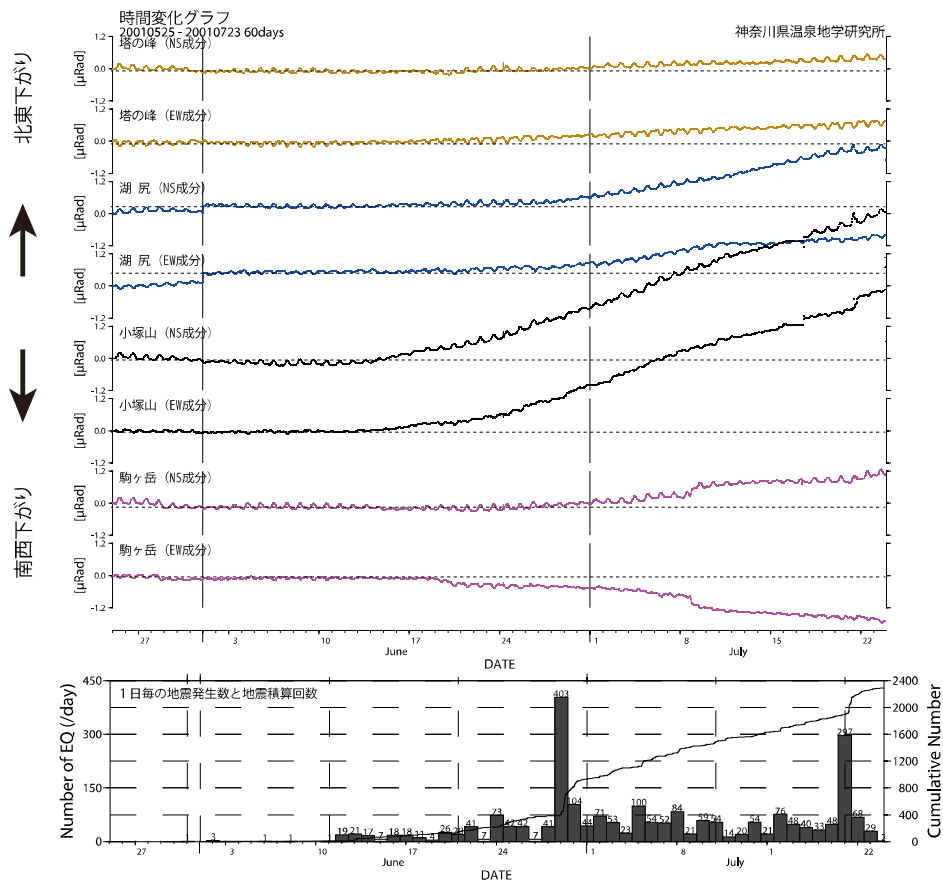


図10 傾斜変動 (2001年5月25日～7月23日)

2001年群発地震活動の際の傾斜変動 (参考)

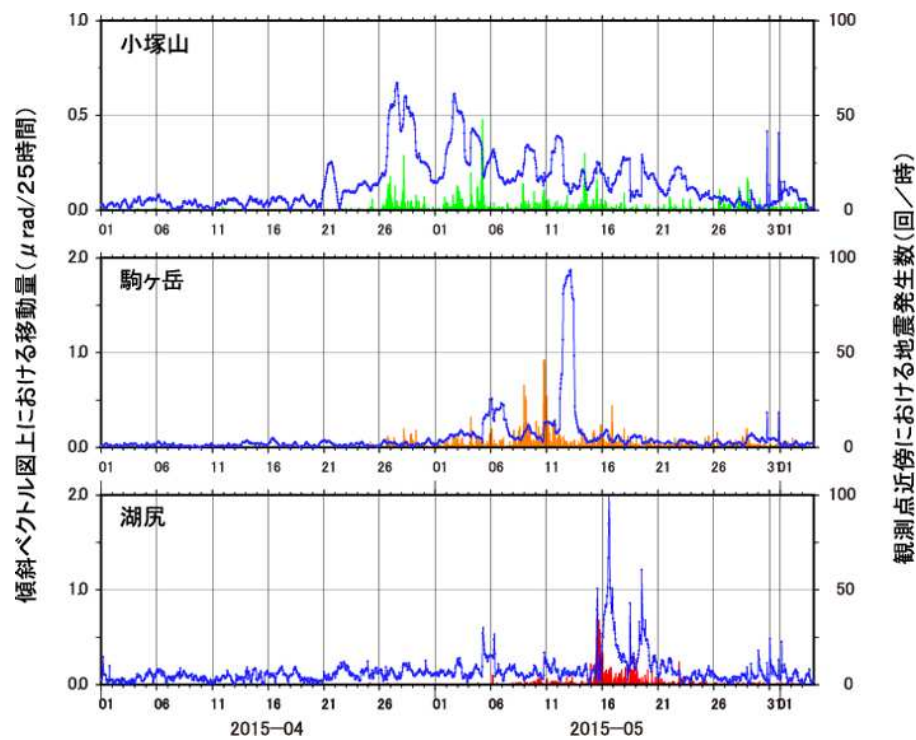


図 11 傾斜の 25 時間階差と観測点近傍で発生した地震数との比較  
駒ヶ岳、湖尻、小塚山観測点の傾斜の 25 時間階差。地震数は、図 4 に示された同じ色の円内で発生したもの。

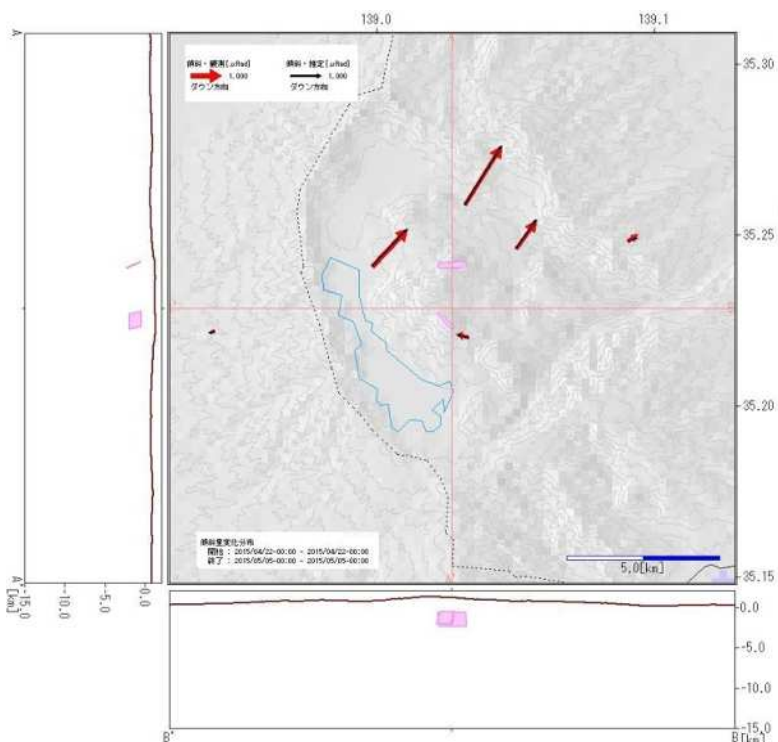


図 12 活動初期 (4 月 26 日～5 月 5 日) の傾斜変動から推定した、圧力源モデル

2001 年群発地震活動の開口クラックモデル (代田他, 2009) を初期モデルとした。解析には MaGCAP-V (気象研究所) を使用した。また、気象庁 (二ノ平観測点) のデータも使用した。

| 経度[度]      | 緯度[度]     | 深さ[km] | 長さ[km] | 幅[km] | 走向角[度] | 傾斜角[度] | 滑り角[度] | 滑り量[m] | 開口量[m] |
|------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 139.027148 | 35.241359 | 1.5    | 0.9    | 1.7   | 268    | 97     | 0      | 0      | 0.304  |
| 139.024737 | 35.225115 | 1.3    | 0.7    | 1.5   | 137    | 85     | 0      | 0      | 0.513  |

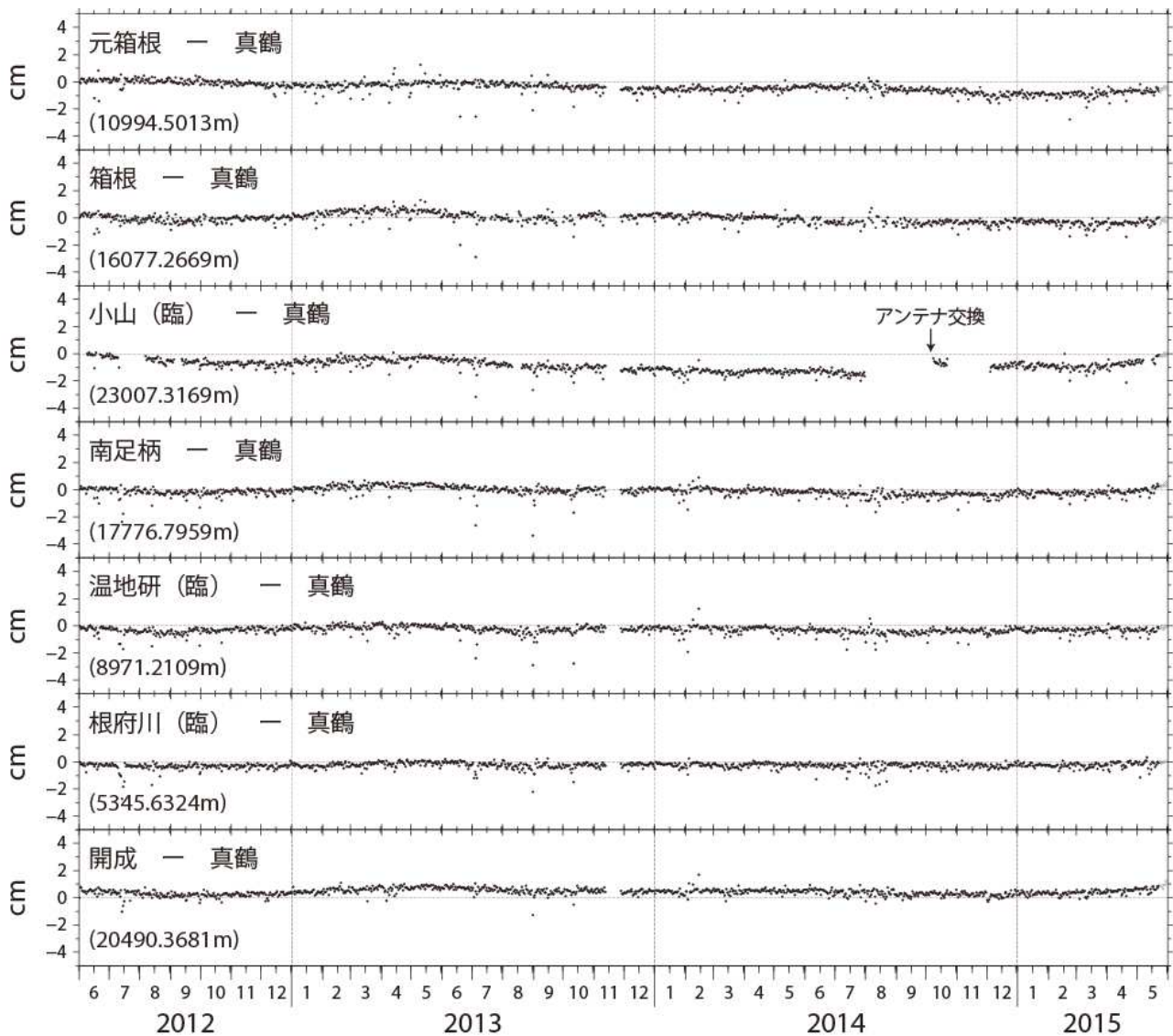


図 13 GPS 基線長変動 (2012 年 6 月 1 日～2015 年 5 月 31 日)

真鶴観測点を中心とした、各観測点の基線長変化。精密歴 (●) および超速報歴 (○) を用いた解析結果を示す。小山観測点は、(独) 防災科学技術研究所との共同研究による観測点である。



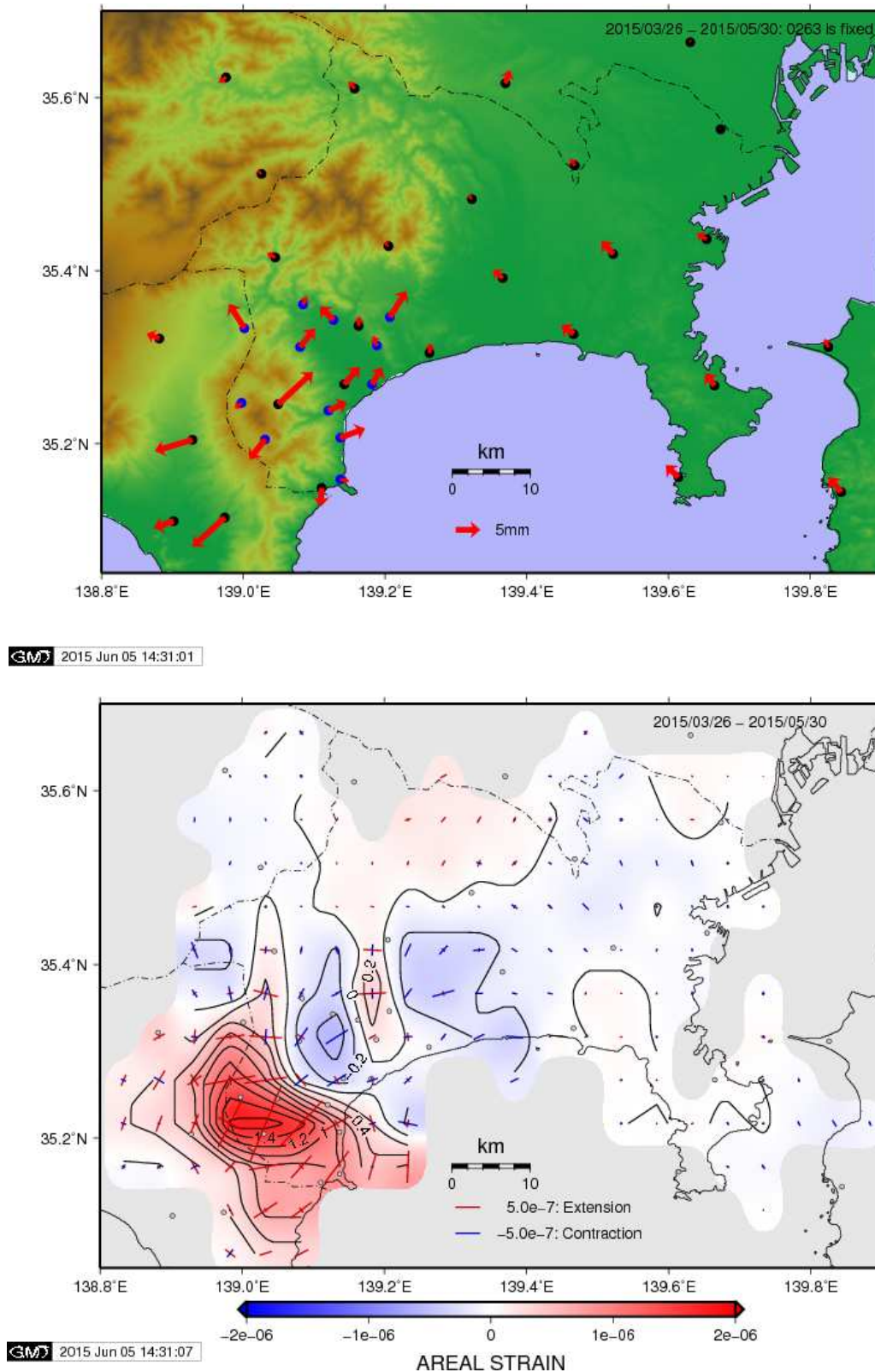
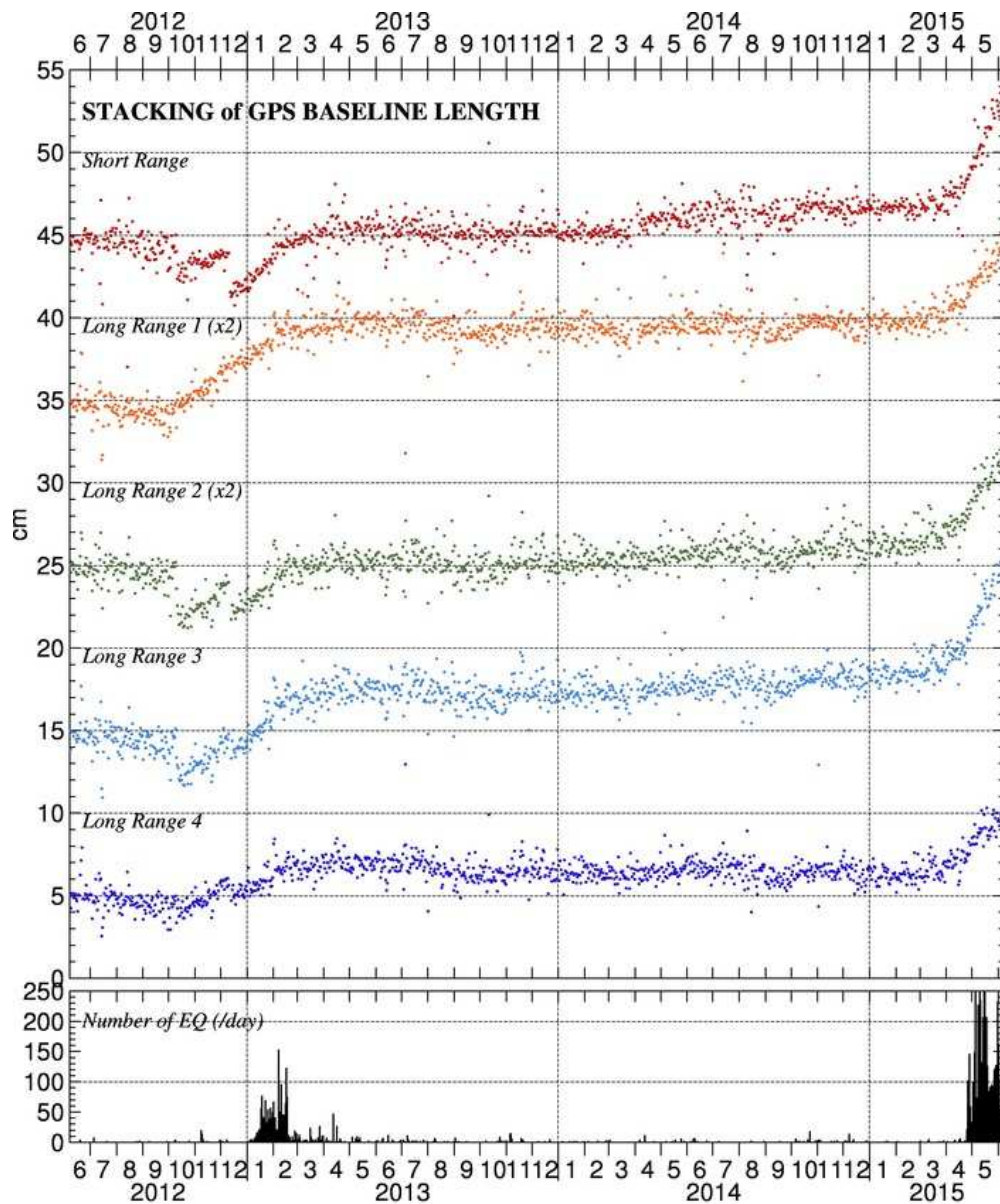


図 14 GPS データから推定した変位ベクトル（上）とひずみ分布（下）  
 3 月 21～31 日の平均値と、5 月 25 日～6 月 4 日の平均値の差から推定した。黒丸の観測点  
 は国土地理院、青丸の観測点は温泉地学研究所による観測点。



last gps data; 2015/6/6  
update; 2015/06/07 23:00

図 15 GPS の基線長データをスタッキングした波形

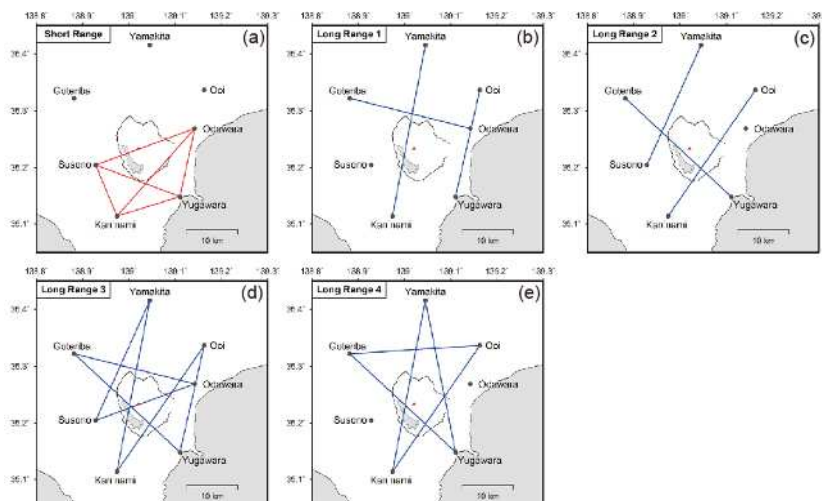


図 16 スタッキング  
に使用した基線網

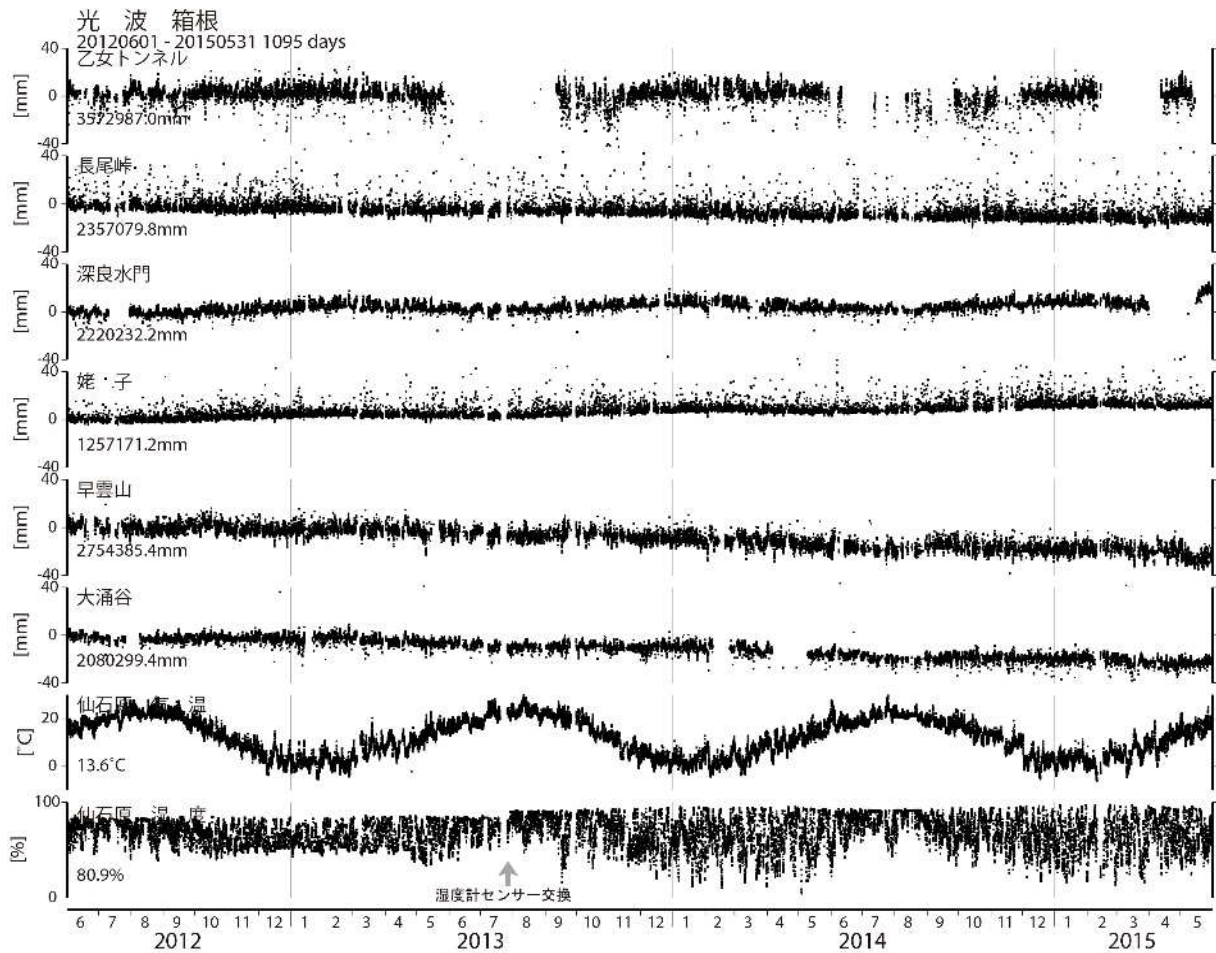


図 17 光波測量 (2012 年 6 月 1 日～2015 年 5 月 31 日)

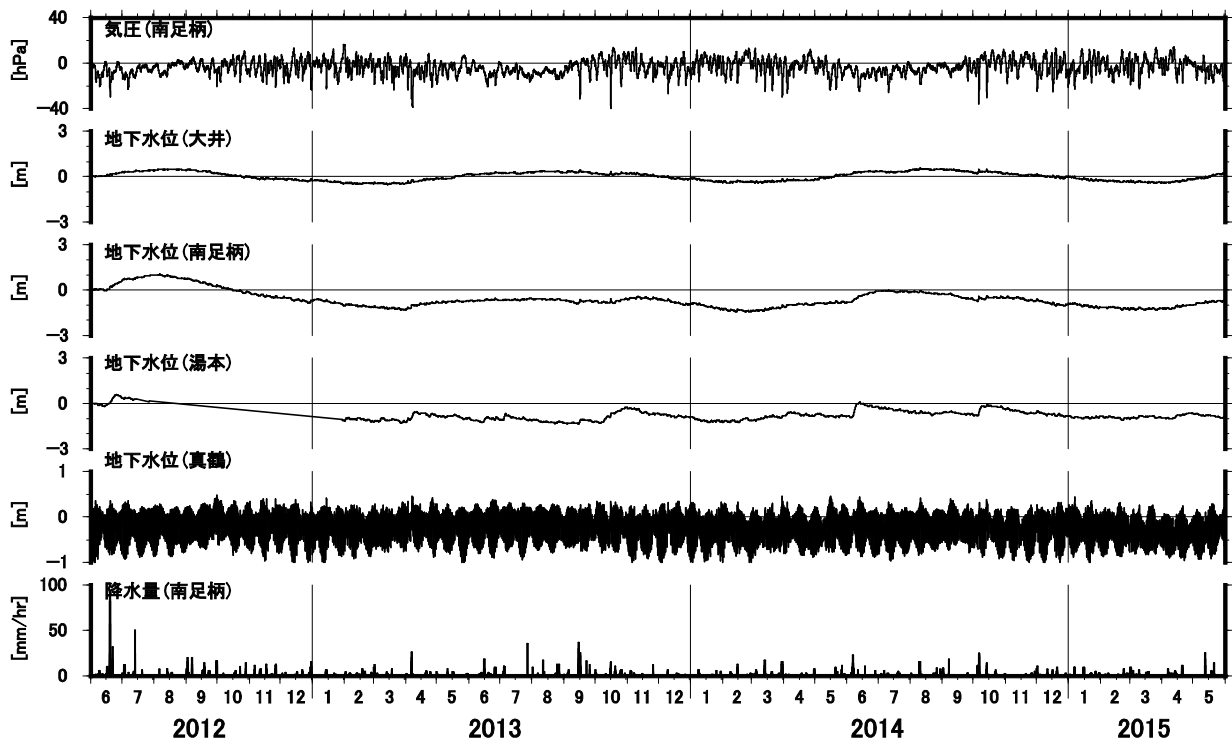


図 18 地下水位変動 (2012 年 6 月 1 日～2015 年 5 月 31 日)



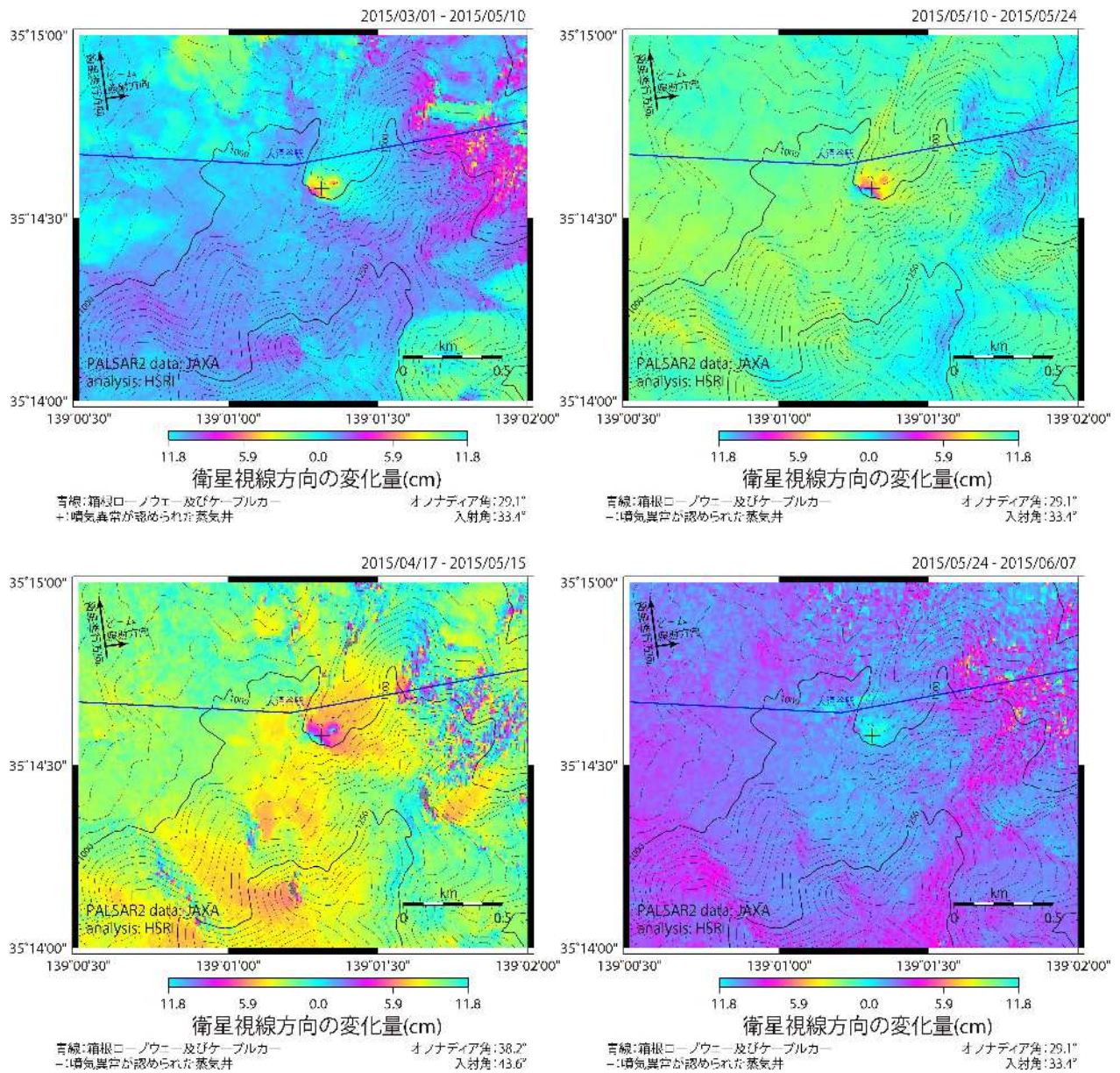


図 19 ALOS-2/PALSAR-2 データを使った InSAR 解析結果 (北行軌道)



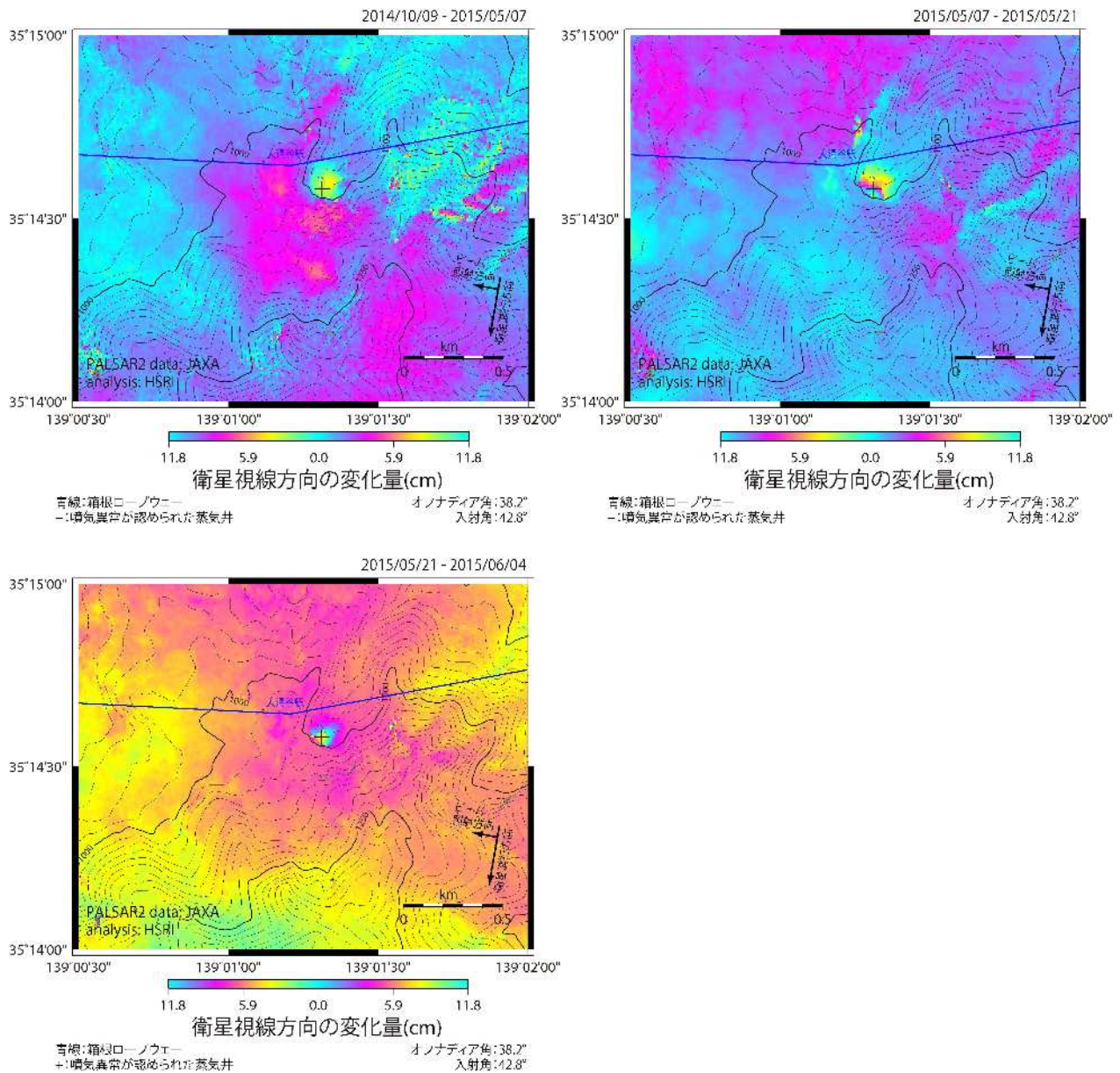


図 20 ALOS-2/PALSAR-2 データを使った InSAR 解析結果（南行軌道）

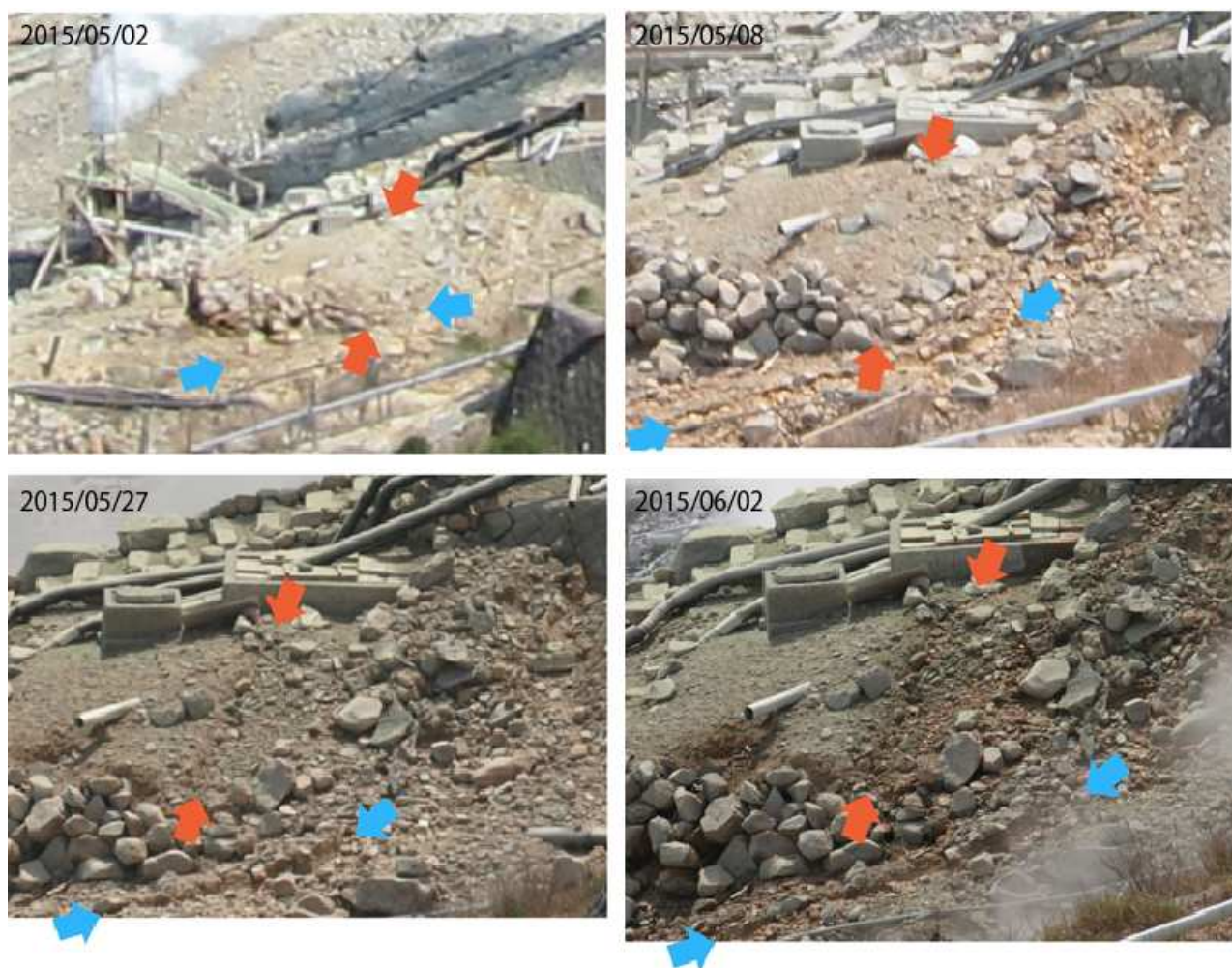


図 21 噴気異常周辺で確認された亀裂

5/8 以前は確認されていないが、5/27 に亀裂が認められた。6/2 の調査時点では、成長しているようには見えなかった。



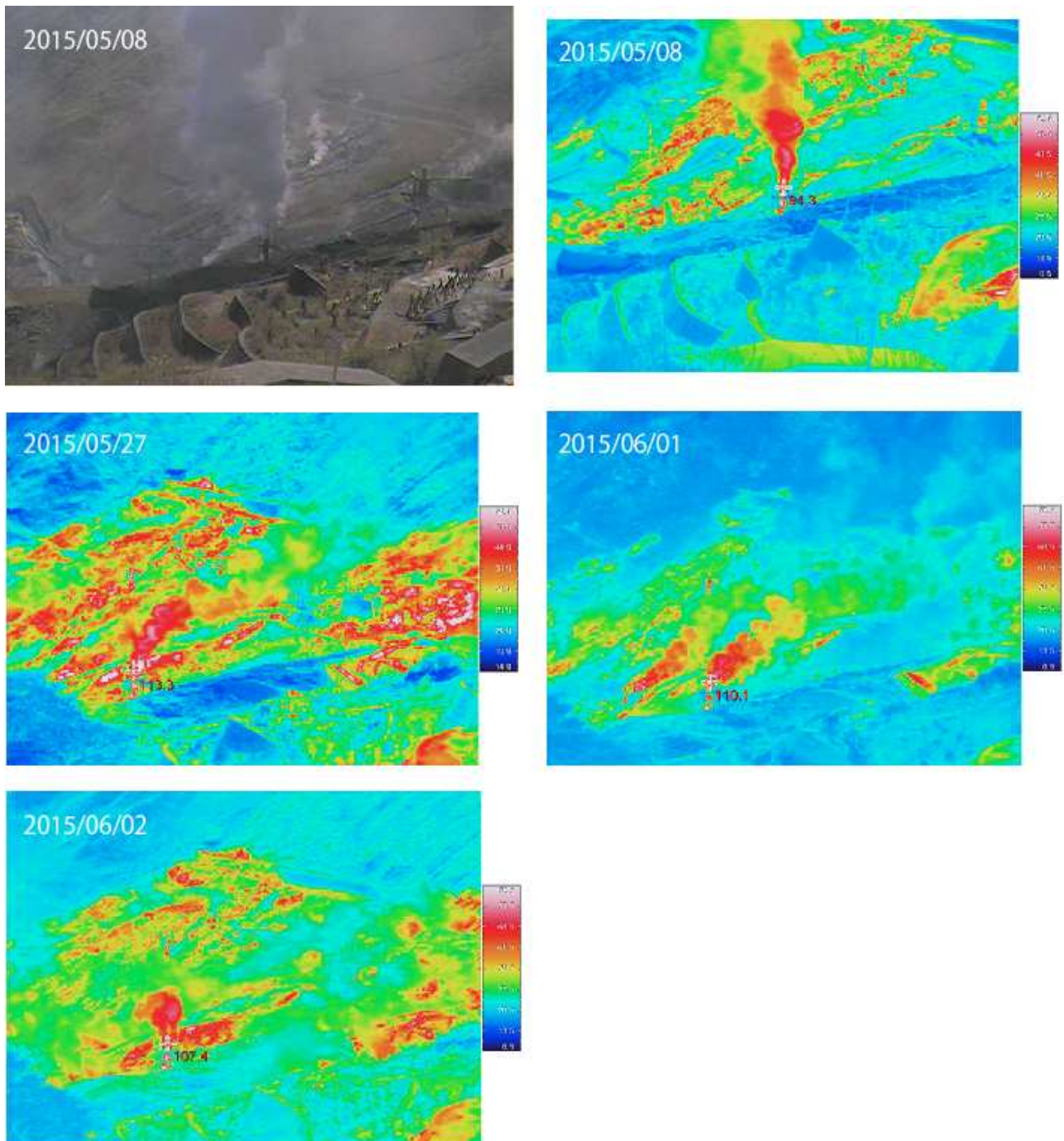


図 22 熱赤外カメラによる大涌沢の地表面温度

最大温度はいずれも噴気異常の見られる蒸気井で、94.3°C (5/8)、113.3°C (5/27)、110.1°C (6/1)、107.4°C (6/2) と推移している。



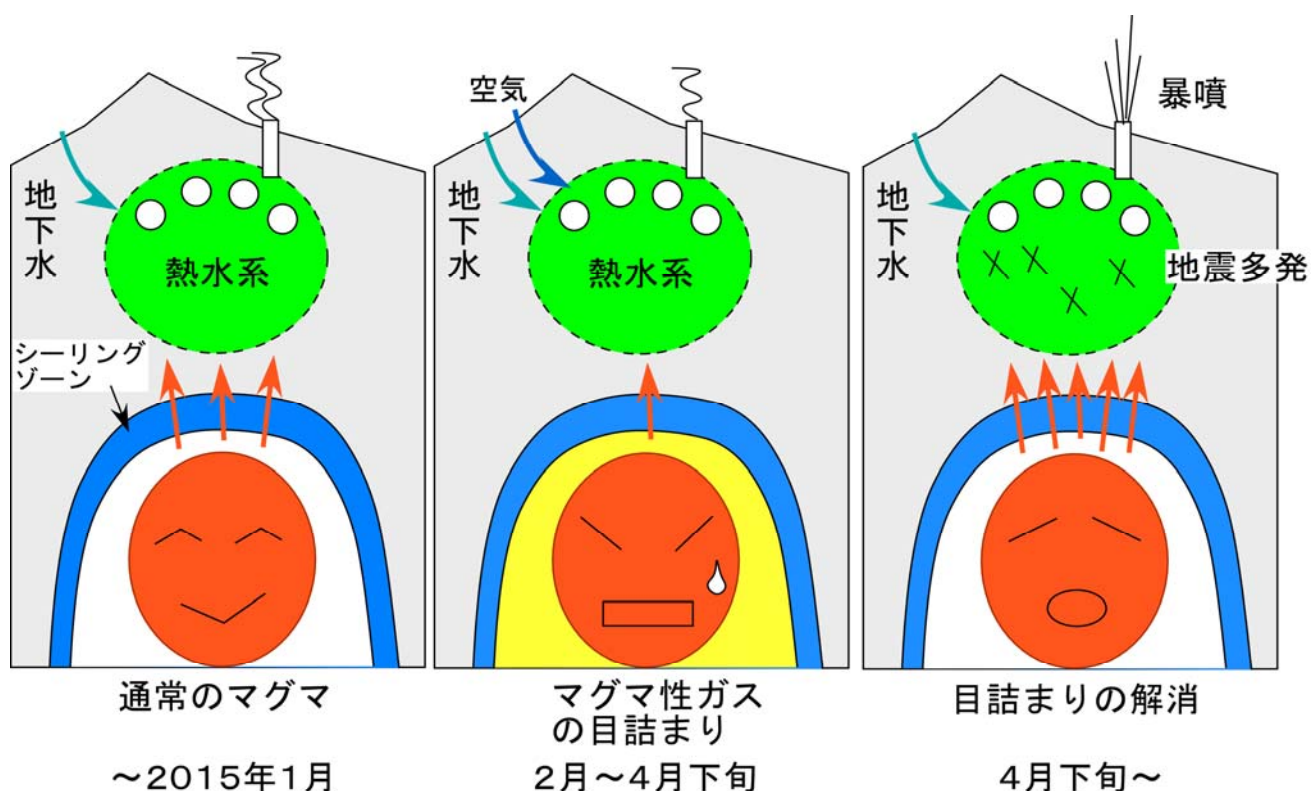
## 箱根山大涌谷で採取した火山ガスの分析結果と解釈

2015年6月7日

東海大学理学部化学科 大場武

## 要旨

箱根山のマグマが発散する高温の水蒸気は、2015年2月から4月下旬にかけて、地下で目詰まりし、マグマ周辺に蓄積した。4月下旬に蓄積していた水蒸気が一気に放出されたため、大涌谷直下の浅部熱水系で地震が多発し、蒸気井が暴噴した。今回の活動でマグマそのものに変化は起きていないと考えられる。浅部熱水系から余分なマグマ性水蒸気が地表に放出されれば、火山性地震の多発も収束すると思われる。火山性地震が収束するまで浅部熱水系の圧力が高く、水蒸気爆発の可能性が懸念される。



## 分析の内容

箱根山大涌谷定点および上湯場（かみゆば）新噴気の火山ガスに含まれる  $\text{H}_2\text{O}$  の水素安定同位体比（ $\delta \text{D}_{\text{SMOW}}$ ）を測定した．大涌谷定点は暴噴している蒸気井から南西に約 300m の地点にある遊歩道沿いの自然噴気である（図 1）．

水素安定同位体比は  $\text{H}_2\text{O}$  の起源を特定するために用いることができる．天水（雨，雪）に由来する地下水の同位体比は低く，マグマから発散した水蒸気の同位体比は高い．火山ガスはマグマ性水蒸気と地下水が混合して形成されている．よって，火山ガスの同位体比からマグマからもたらされた水蒸気の割合を推定することが可能となる．

## 分析結果

大涌谷定点噴気の同位体比は，2015 年 1 月 20 日で -50‰ と高く，2 月 16 日，3 月 31 日，4 月 24 日にはそれぞれ，-57，-60，-67‰ と次第に低下したが，5 月 8 日になり上昇に転じた（図 2）．一方，上湯場新噴気の同位体比は，3 月 31 日まで高い値を維持し，その後低下し，上昇に転じたのは 5 月 19 日であった（図 2）．

## 考察

大涌谷定点では 2 月から 4 月 24 日まで同位体比が低下していることからこの期間はマグマ性水蒸気の量が低下していたと考えられる．群発地震の多発後の 5 月 8 日に見られる同位体比の急上昇はマグマ性水蒸気の量が急激に上昇していることを意味している．上湯場新噴気の変化は大涌谷定点の変化よりも小さく，同位体比の低下は大涌谷に比較して遅延しているように見える．上湯場新噴気は大涌谷から離れているために地下の通路を水蒸気が通過するまでに時間がかかり変化が遅れているのかもしれない．

2015 年 4 月末の群発地震の直前にマグマ性水蒸気の量が低下していたことは，今回の火山活動の原因を考える上で重要な点である．今回の箱根山の火山活動は Fournier (1999) が提唱している「シーリングモデル」で説明できる．シーリングモデルでは，冷却しつつあるマグマから放出されるマグマ性ガスの通路が自己閉塞し，一時的にガスの発散が抑制される．やがてマグマを取り囲む領域の内圧が増加し，自己閉塞していた通路が破壊され，ガスが一気に熱水系に注入されると考える．このモデルでは，マグマ自体に変化は起きていないがそれを取り囲む領域に火山活動の活発化の原因があるとしている．ガスの通路の自己閉塞は，熱水性の鉱物（硬石膏，明礬石，黄鉄鉱など）の成長が原因と考えられている．

「シーリングモデル」によれば，群発地震の直前に大涌谷定点の同位体比が低下していたことが合理的に説明される．同様の変動は，2013 年 8 月から 10 月にかけても起きていた（図 2）．この期間の低下の後に 2013 年 11 月にはわずかではあるが，群発地震の増加が観測されている．群発地震の直前にシーリングが発生し，マグマ性ガスの発散が抑制されていたと考えられる．

## 火山活動の今後の見通し

シーリングモデルが正しければ、マグマから急激に放出されたガスは熱水系を通じて地表に開放され、やがてマグマからの放出量と地表からの放出量がバランスし、地震活動は収束すると思われる。マグマ自体に変化は起きていないので、マグマが上昇しマグマ水蒸気爆発やマグマ噴火を起こす可能性は低いと考えられる。但し、熱水系の内部圧力が高い状態がしばらく維持されるので、その期間は小規模な水蒸気爆発の可能性を考えておくべきである。

今回の火山活動活発化が収束した後も、同様のシーリング現象は再発する可能性が高い。大涌谷定点の噴気を定期的に採取し、同位体比を測定することにより、将来の群発地震の発生予測が可能になると期待される。

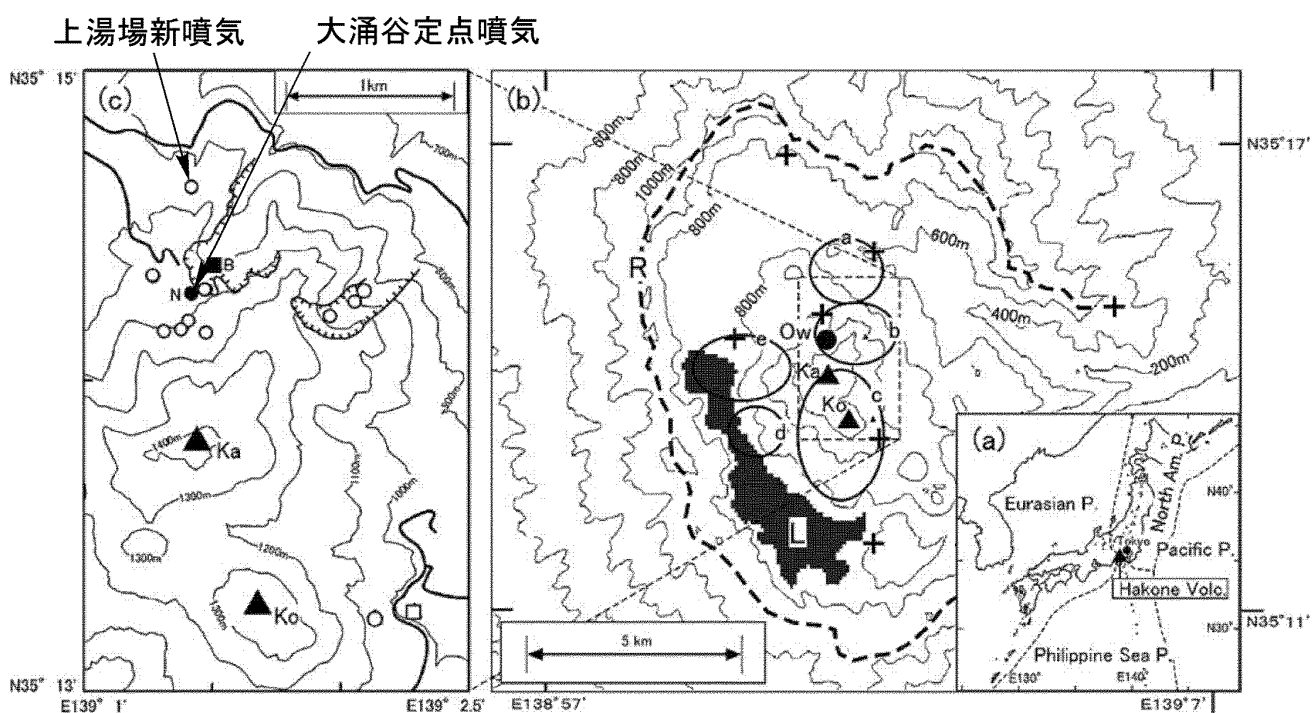
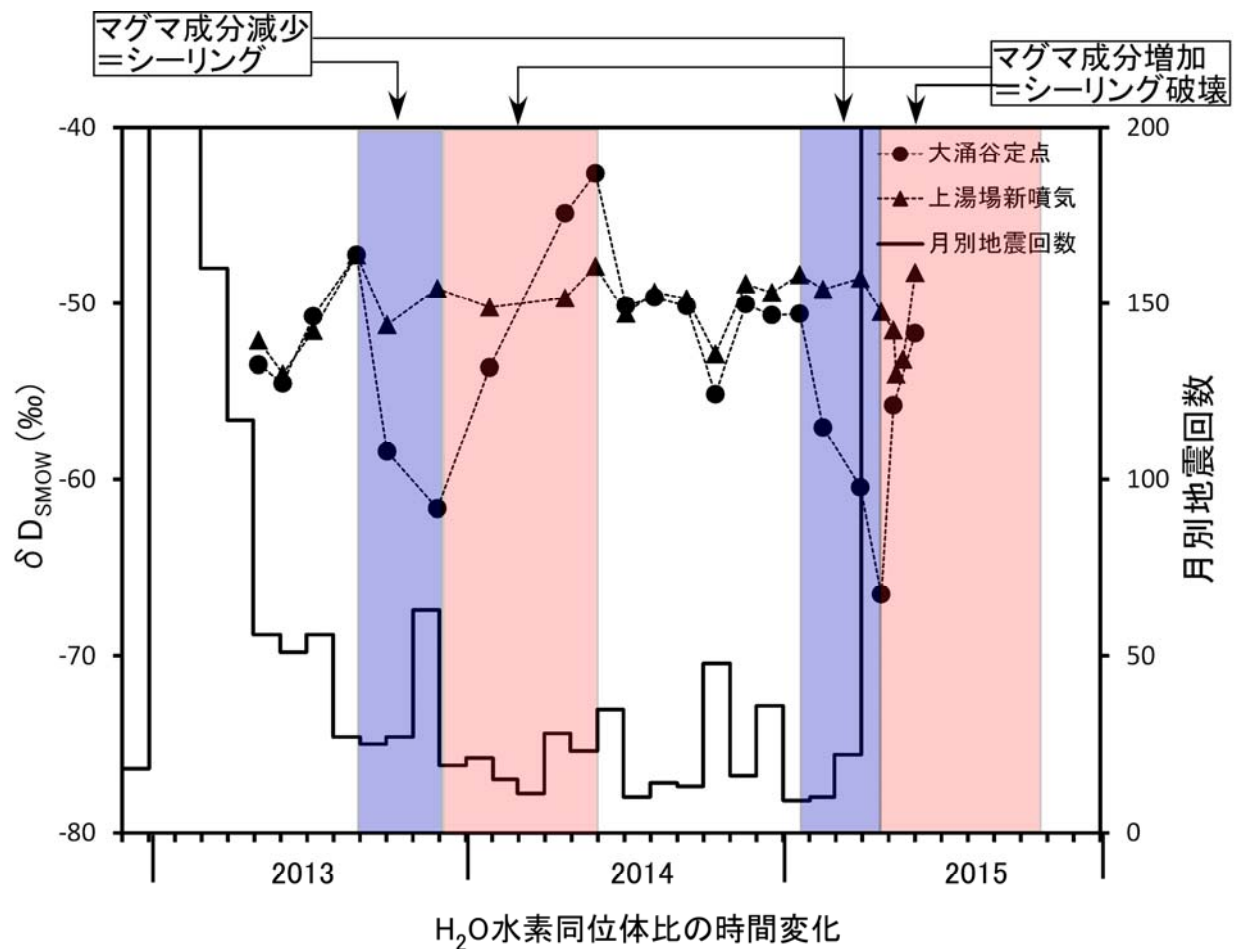


図1. 噴気試料採取地点





(地震数は神奈川県温泉地学研究所による)

図2. 火山ガスに含まれる水蒸気水素安定同位体比の時間変動 (月別地震回数は神奈川県温泉地学研究所の観測による) 注: 水素安定同位体比は標準海水の D/H を基準とし, それよりも D/H が高い場合は正になり, 逆に低い場合は, 負の値をとる.

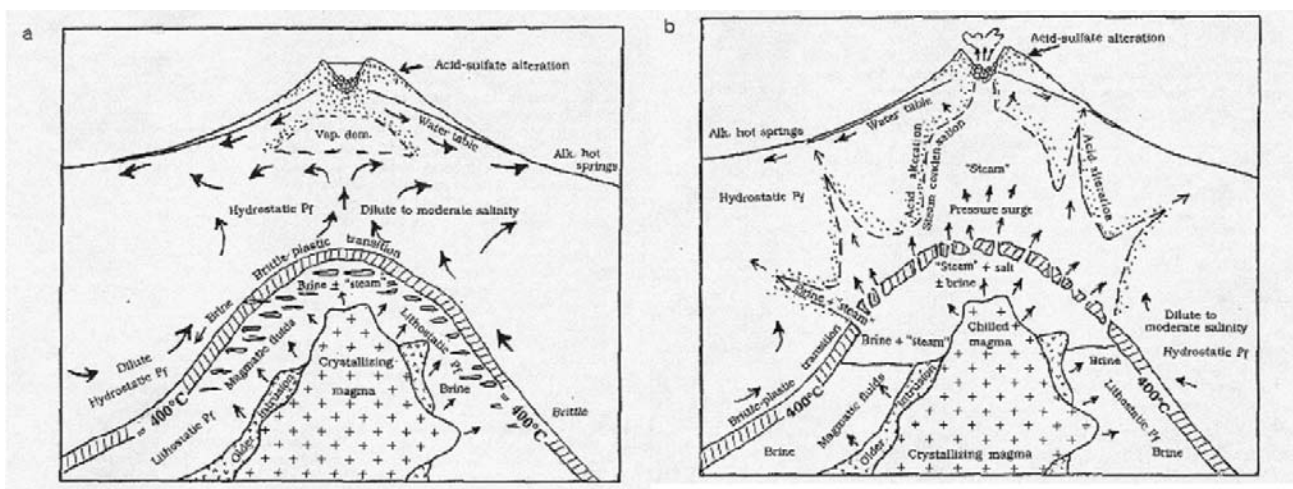


図2. シーリングモデルの仕組み. 左はシーリングゾーンがマグマの周りに発達し, 内部圧力が増加しつつある状態を示している. 右の図は, シーリングゾーンが破壊され, マグマ性ガスが熱水系に一気に

注入し，地表で噴火が起きている様子を示している．図は，以下の論文から引用した．

Robert O. Fournier (1999) Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic into brittle rock in the magmatic-epithermal environment

Economic Geology, December 1999, v. 94, p. 1193-1211.

## 箱根火山における浅い地震と深部低周波地震

2007 年以降における箱根山における浅い地震と深部低周波地震の相関を調べた。2015 年 4 月末からの浅い地震活動が活発化する以前に深部低周波地震の増加が確認された（図 1）。ただし、浅い地震活動の活発化に必ず深部低周波地震の増加を伴う訳ではない（図 2）。

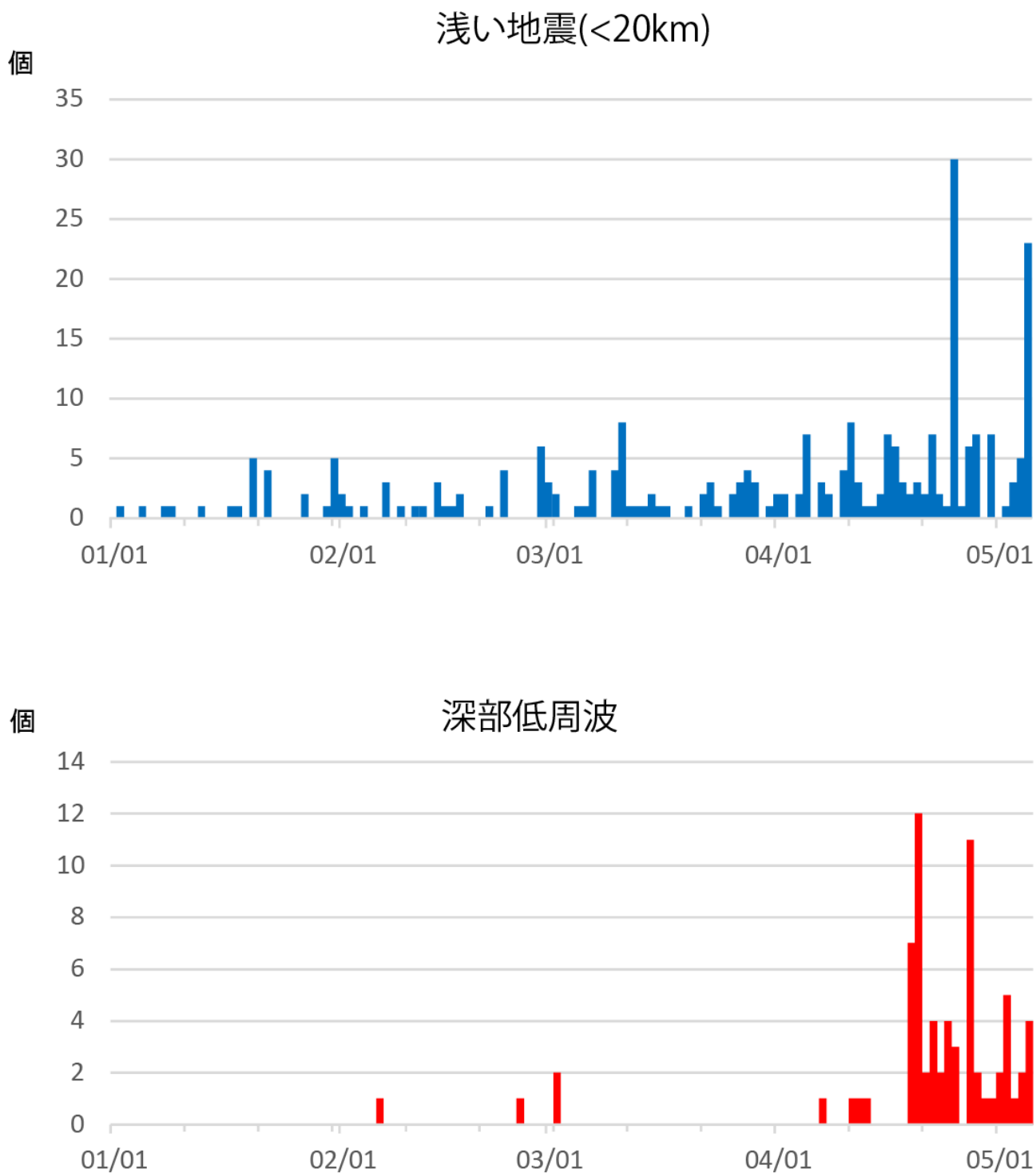


図 1 箱根山浅い地震と深部低周波地震の日別頻度  
(2015 年 1 月 1 日～2015 年 5 月 5 日)

箱根山



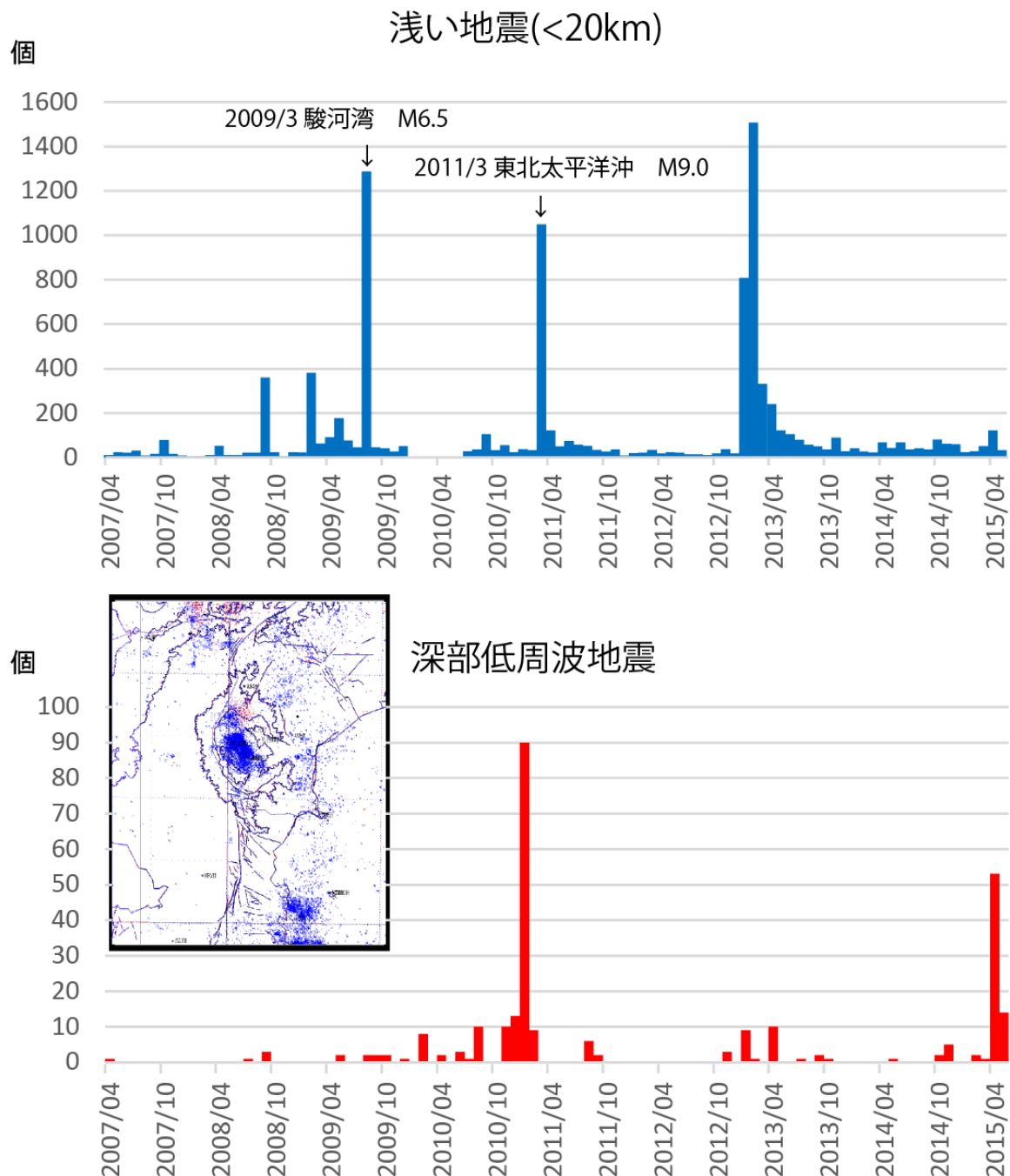


図2 箱根山浅い地震と深部低周波地震の月別頻度  
 (2007年4月～2015年5月:ただし2015年5月は5日まで)  
 黒枠内は2007年4月1日～2015年5月5日の箱根山震源マップ  
 ・(青点)深さ20kmより浅い地震    ・(赤点)深部低周波地震

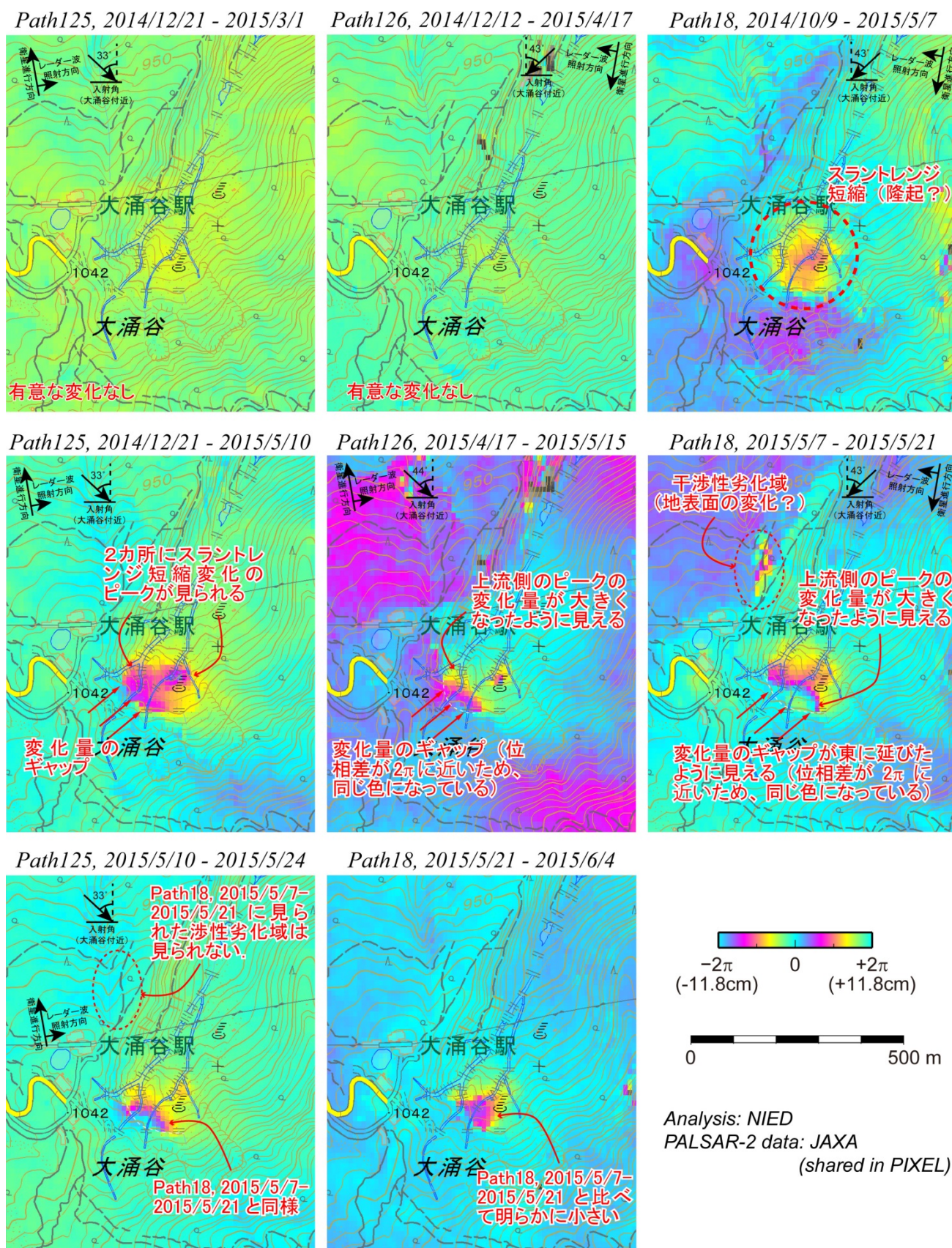
## PALSAR-2/InSAR 解析による箱根山周辺の地殻変動

**PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析により、箱根山周辺の地殻変動を調査した。**

- 2015 年 4 月 17 日まで
  - ・ 有意な地殻変動は見られない。
- 2015 年 5 月 7 日まで
  - ・ 大涌谷の直径 200m の範囲にスラントレンジ短縮変化(隆起?)が見られる。
  - ・ 最大変化量は 7cm 程度(上下変位のみによると仮定すると約 9cm の隆起)。
- 2015 年 5 月 10 日まで
  - ・ 大涌谷のスラントレンジ短縮変化に 2 カ所のピークが見られる。
  - ・ 上流側(図の下側)および下流側のピークにおける最大変化量は 8cm と 12cm 程度。(上下変位のみによると仮定すると、それぞれ約 10cm と 14cm の隆起)。
  - ・ 変動域の上流側の縁において、変化量のギャップが見られる。
- 2015 年 5 月 15 日まで
  - ・ 大涌谷のスラントレンジ短縮の上流側のピークの変化量が大きくなったように見える。
  - ・ 最大変化量は 12cm 程度(上下変位のみによると仮定すると約 17cm の隆起)。
  - ・ 変動域の上流側の縁において、変化量のギャップが見られる。
- 2015 年 5 月 21 日まで
  - ・ 大涌谷のスラントレンジ短縮の上流側のピークの変化量が大きくなったように見える。
  - ・ 変化域の上流側の縁における変化量ギャップが、東に延びたように見える。
  - ・ 最大変化量は 14cm 程度(上下変位のみによると仮定すると約 20cm の隆起)。
  - ・ 大涌谷の北西の尾根の北西側の斜面に特徴的な干渉性劣化域が見られ、地表面に何らかの変化があったと推測される。しかし、2015 年 5 月 10 日と 24 日の干渉ペアには見られないことから、一時的な変化であった可能性が考えられる。
- 2015 年 6 月 4 日まで
  - ・ 以前と比べ、明らかに隆起量が小さくなっている。
- 広域的な地殻変動
  - ・ 有意な地殻変動は見られない。ただし、大気等に起因すると推測される非地殻変動成分が重畳しており、広域的な地殻変動は精度良く求まっていないことに注意する必要がある。

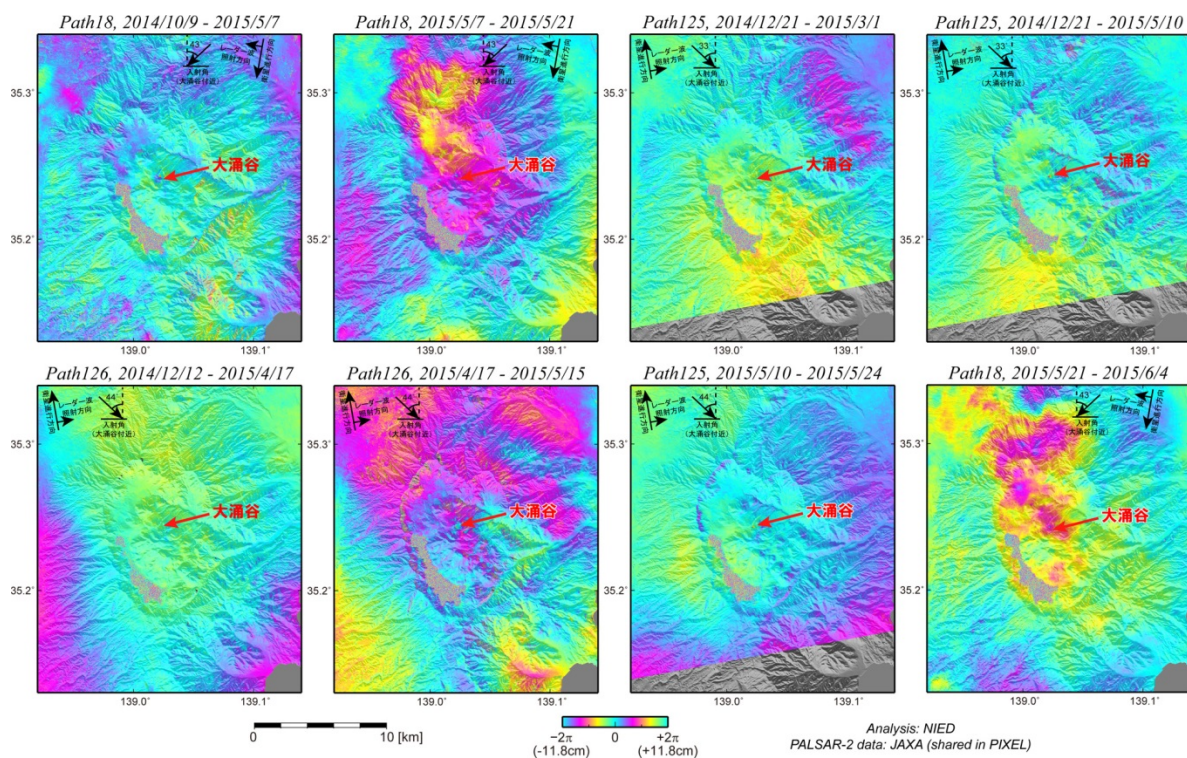
**謝辞.** 箱根山の火山活動活発化に伴い、防災利用実証実験火山 WG から提出された観測要求に基づいて PALSAR-2 による観測が実施された。本解析に使用した PALSAR-2 データは、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構(JAXA)との共同研究に基づいて提供されたものであり、PIXEL で共有しているものである。PALSAR-2 データの所有権は JAXA が有する。解析および図の作成においては、国土地理院の基盤地図情報 10m メッシュ標高および地理院地図(電子国土 Web)の画像を使用した。





第1図. PALSAR-2データを用いたSAR干渉解析結果に関する大涌谷周辺の拡大図。コンターは100m毎の楕円体高を示す。右上の地図は、地理院地図（電子国土 Web）から作成した。解析に使用したデータの観測日は、各図の上に示す。図中に示す矢印は、レーダー波の入射方向を示す。





第 2 図. PALSAR-2 データを用いた SAR 干渉解析結果。解析に使用したデータの観測日は、各図の上に表示。図中に示す矢印は、レーダー波の入射方向を示す。



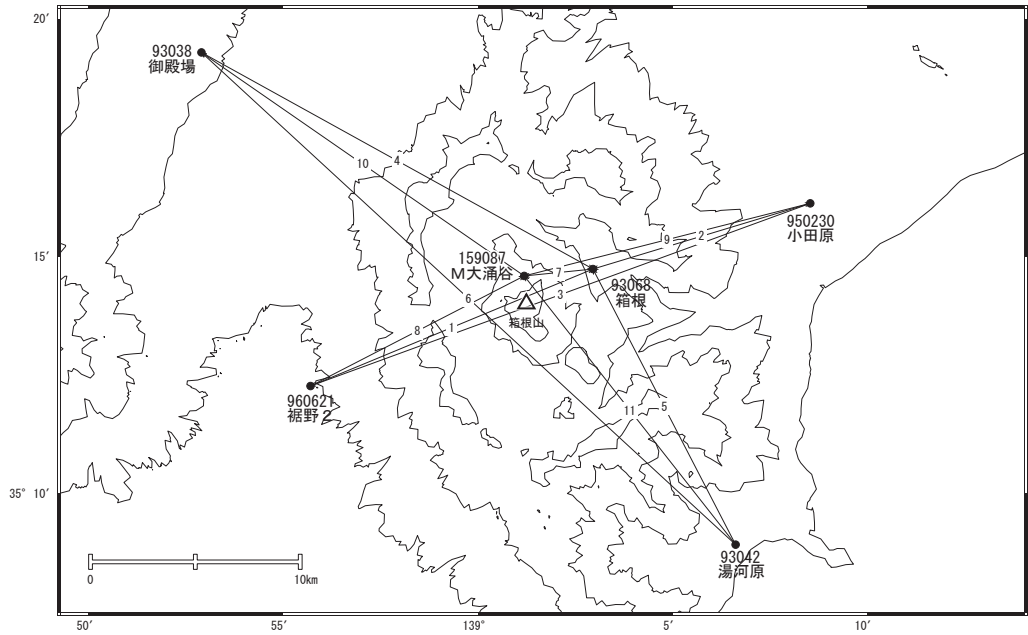
第 3 図. 大涌谷の写真(撮影日:2015 年 5 月 3 日)に変動域の概要を加筆。



箱根山

箱根山を挟む基線で、2015年4月下旬から小さな伸びが見られます。

箱根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



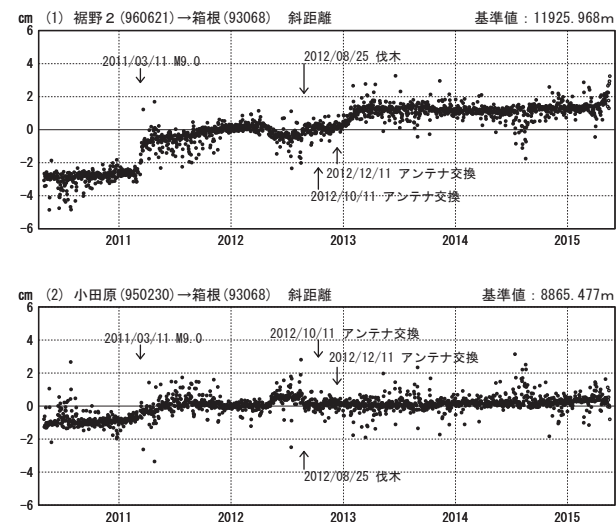
箱根山周辺の各観測局情報

| 点番号   | 点名  | 日付       | 保守内容         |
|-------|-----|----------|--------------|
| 93038 | 御殿場 | 20080108 | レドーム開閉・受信機交換 |
|       |     | 20101101 | 周辺伐採         |
|       |     | 20121112 | アンテナ・受信機交換   |
| 93042 | 湯河原 | 20090224 | 受信機交換        |
|       |     | 20121211 | アンテナ・受信機交換   |
|       |     |          |              |
| 93068 | 箱根  | 20090224 | レドーム開閉・受信機交換 |
|       |     | 20120825 | 周辺伐採         |
|       |     | 20121211 | アンテナ・受信機交換   |
|       |     | 20140926 | 受信機交換        |

| 点番号    | 点名   | 日付       | 保守内容         |
|--------|------|----------|--------------|
| 950230 | 小田原  | 20100129 | レドーム開閉・受信機交換 |
|        |      | 20121011 | アンテナ交換       |
|        |      | 20140403 | アンテナ・受信機交換   |
|        |      | 20140605 | 受信機交換        |
| 960621 | 裾野   | 20100118 | レドーム開閉・受信機交換 |
|        |      | 20121011 | アンテナ交換       |
|        |      | 20150302 | 受信機交換        |
| 159087 | M大涌谷 | 20150508 | 新設           |

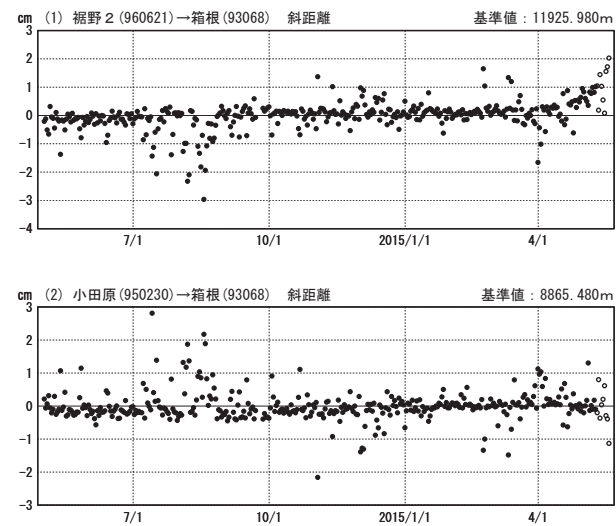
基線変化グラフ

期間：2010/05/01～2015/05/18 JST



基線変化グラフ

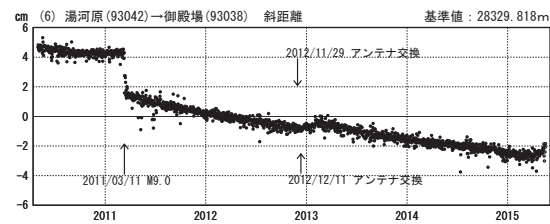
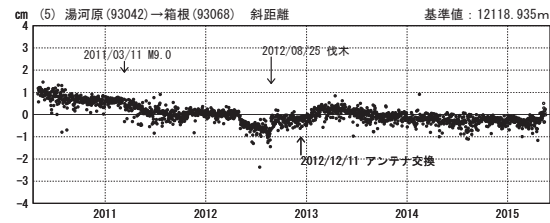
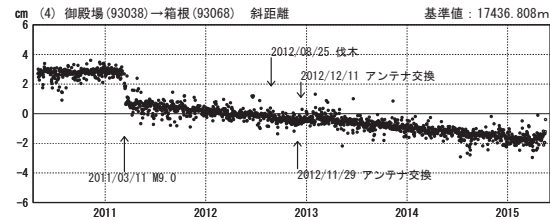
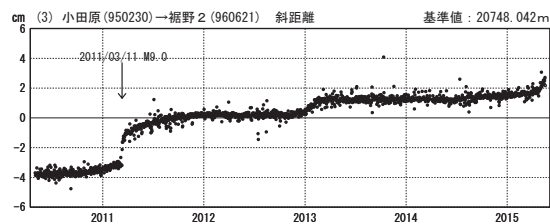
期間：2014/05/01～2015/05/18 JST



※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

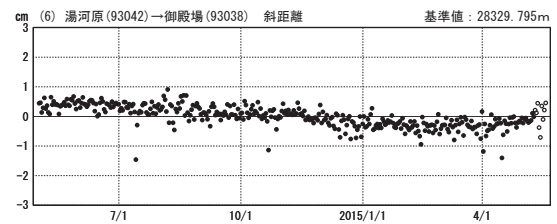
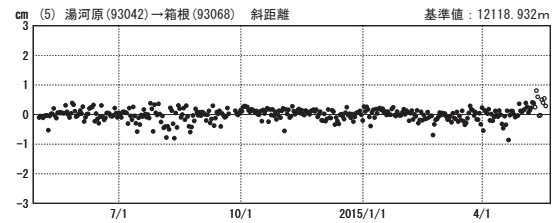
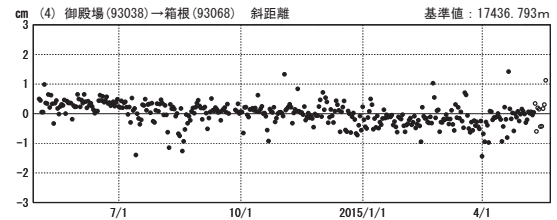
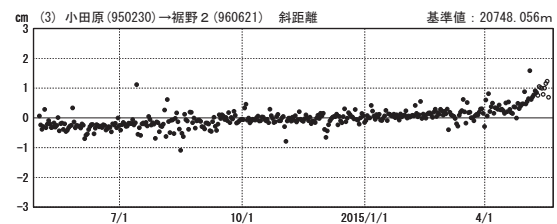
基線変化グラフ

期間: 2010/05/01~2015/05/18 JST



基線変化グラフ

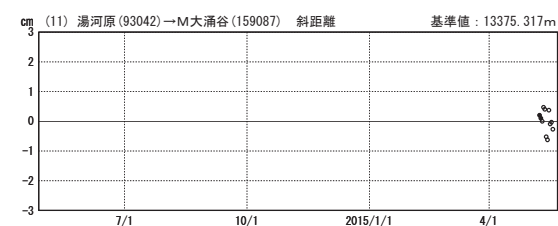
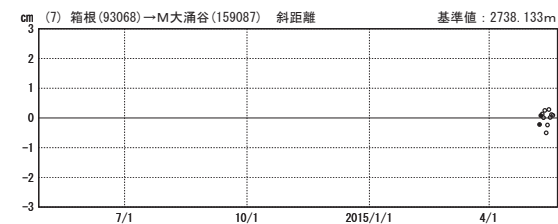
期間: 2014/05/01~2015/05/18 JST



## M大涌谷に関する基線

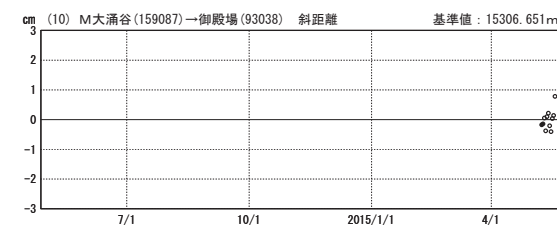
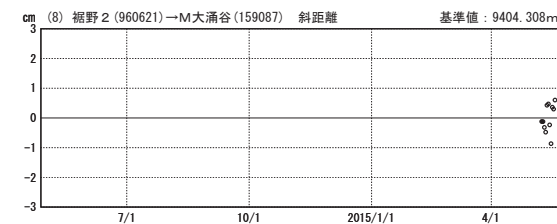
基線変化グラフ

期間: 2014/05/01~2015/05/18 JST



基線変化グラフ

期間: 2014/05/01~2015/05/18 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院

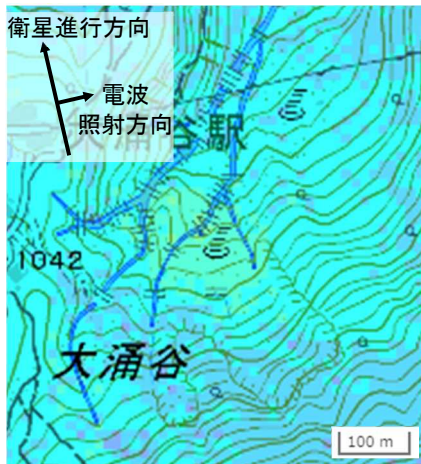
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

箱根山

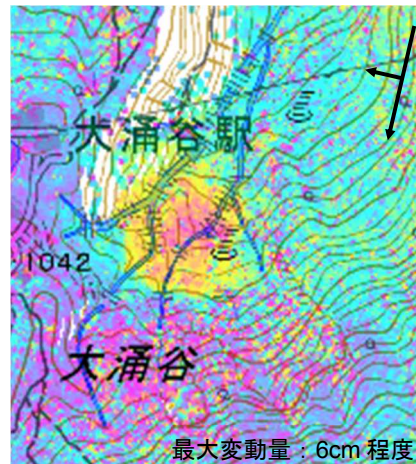


# 大涌谷（箱根山）の SAR 干渉解析結果について

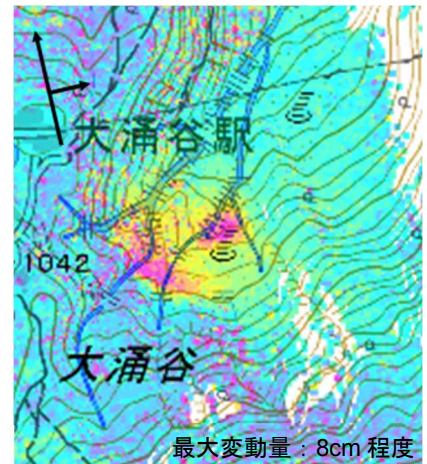
(a) 2014/12/12-2015/04/17



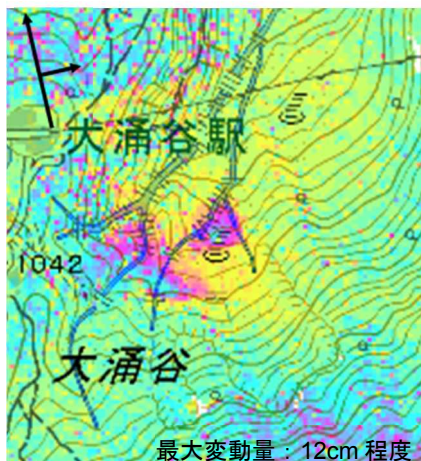
(b) 2014/10/09-2015/05/07



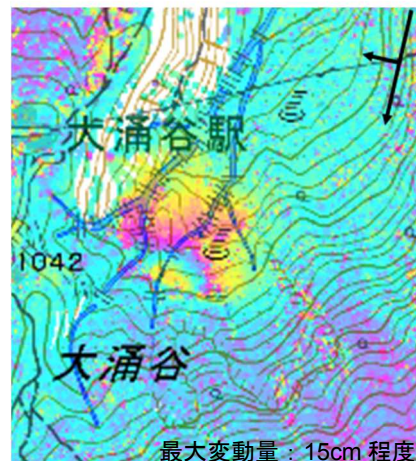
(c) 2015/03/01-2015/05/10



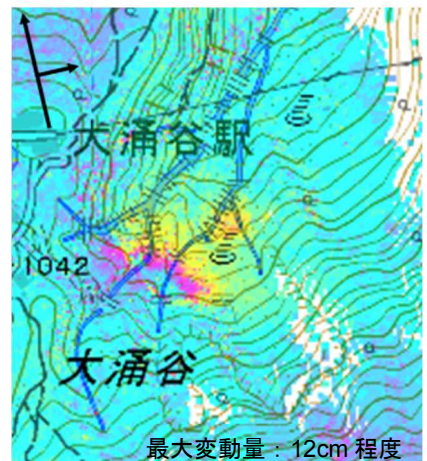
(d) 2015/04/17-2015/05/15



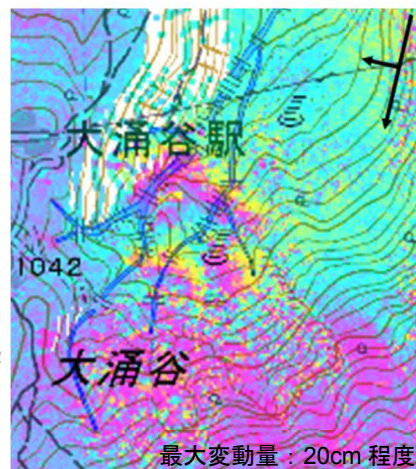
(e) 2015/05/07-2015/05/21



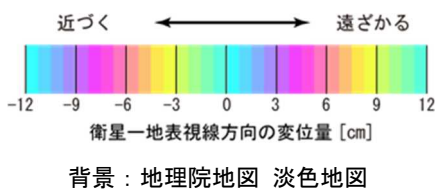
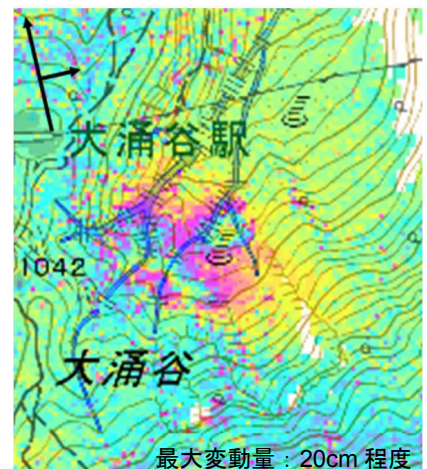
(f) 2015/05/10-2015/05/24



(g) 2014/10/09-2015/05/21



(h) 2015/03/01-2015/05/24



解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

箱根山



|            | (a)                                             | (b)                                             | (c)                                            | (d)                                            | (e)                                            | (f)                                            | (g)                                             | (h)                                            |
|------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 衛星名        | ALOS-2                                          |                                                 |                                                |                                                |                                                |                                                |                                                 |                                                |
| 観測日時       | 2014/12/12<br>2015/04/17<br>23:44 頃<br>(126 日間) | 2014/10/09<br>2015/05/07<br>11:43 頃<br>(210 日間) | 2015/03/01<br>2015/05/10<br>23:37 頃<br>(70 日間) | 2015/04/17<br>2015/05/15<br>23:44 頃<br>(28 日間) | 2015/05/07<br>2015/05/21<br>11:43 頃<br>(14 日間) | 2015/05/10<br>2015/05/24<br>23:37 頃<br>(14 日間) | 2014/10/09<br>2015/05/21<br>11:43 頃<br>(224 日間) | 2015/03/01<br>2015/05/24<br>23:37 頃<br>(84 日間) |
| 衛星進行方向     | 北行                                              | 南行                                              | 北行                                             | 北行                                             | 南行                                             | 北行                                             | 南行                                              | 北行                                             |
| 電波照射方向     | 右                                               | 右                                               | 右                                              | 右                                              | 右                                              | 右                                              | 右                                               | 右                                              |
| 観測モード*     | U-U                                             |                                                 |                                                |                                                |                                                |                                                |                                                 |                                                |
| 入射角(中心)    | 43.1°                                           | 43.0°                                           | 33.3°                                          | 37.0°                                          | 42.9°                                          | 33.3°                                          | 42.9°                                           | 33.3°                                          |
| ピクセルスペーシング | 11m                                             | 6m                                              | 6m                                             | 6m                                             | 6m                                             | 6m                                             | 6m                                              | 6m                                             |
| 偏波         | HH                                              |                                                 |                                                |                                                |                                                |                                                |                                                 |                                                |
| 垂直基線長      | - 13 m                                          | - 77 m                                          | + 230 m                                        | - 159m                                         | - 149 m                                        | - 45 m                                         | + 83 m                                          | - 25 m                                         |
| 使用 DEM     | GSI10mDEHMJapan (飛田, 2009)                      |                                                 |                                                |                                                |                                                |                                                |                                                 |                                                |

\*U: 高分解能(3m)モード

#### 判読)

- ・ (b)～(h)では、大涌谷付近で衛星に近づく変動が見られる。
- ・ (a)では、ノイズレベルを超える変動は見られないことから、この変動は 4 月 17 日以降に始まったと思われる。
- ・ (c)～(h)では、変動のピークが 2 つ見られる。
- ・ 変動期間が全て含まれる(g)・(h)では、共に衛星視線方向に最大 20cm 程度の変動が見られる。

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

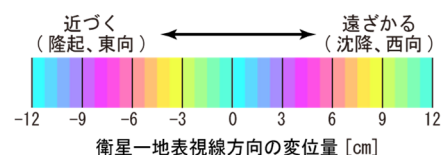
箱根山

## 大涌谷（箱根山）の SAR 干渉解析結果について

|         | (a)                                             | (b)                                            | (c)                                            |
|---------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 衛星名     | ALOS-2                                          | ALOS-2                                         | ALOS-2                                         |
| 観測日時    | 2014/10/09<br>2015/06/04<br>11:43 頃<br>(238 日間) | 2015/05/07<br>2015/06/04<br>11:43 頃<br>(28 日間) | 2015/05/21<br>2015/06/04<br>11:43 頃<br>(14 日間) |
| 衛星進行方向  | 南行                                              | 南行                                             | 南行                                             |
| 電波照射方向  | 右                                               | 右                                              | 右                                              |
| 観測モード*  | U-U                                             | U-U                                            | U-U                                            |
| 入射角(中心) | 43.0°                                           | 43.0°                                          | 43.0°                                          |
| ピクセルサイズ | 6m                                              | 6m                                             | 6m                                             |
| 偏波      | HH                                              | HH                                             | HH                                             |
| 垂直基線長   | -5m                                             | -237 m                                         | - 89 m                                         |
| 使用 DEM  | GSI10m<br>DEHMJapan<br>(飛田, 2009)               | GSI10m<br>DEHMJapan<br>(飛田, 2009)              | GSI10m<br>DEHMJapan<br>(飛田, 2009)              |

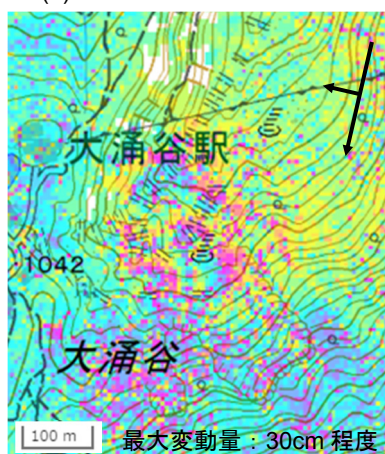
\*U: 高分解能(3m)モード

W: 広域観測(350km)モード

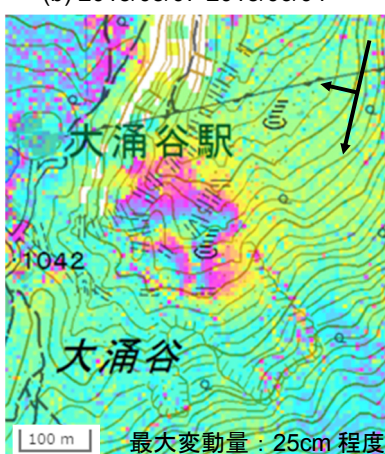


背景：地理院地図 標準地図

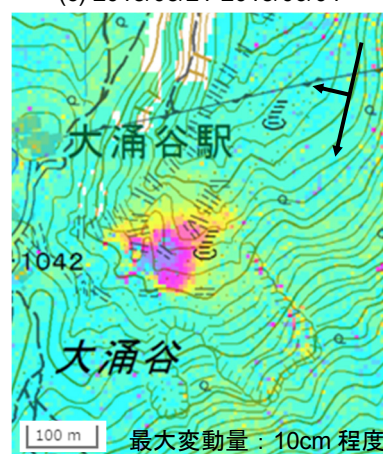
(a) 2014/10/09-2015/06/04



(b) 2015/05/07-2015/06/04



(c) 2015/05/21-2015/06/04



## 判読)

- ・(a)、(b)、(c) 大涌谷では、衛星に近づく変動が見られる。
- ・5月21日から6月4日では最大 10cm 程度の変動が見られる。
- ・変動期間が全て含まれる(a)では、衛星視線方向に最大 30cm 程度の衛星に近づく変動が見られる。

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

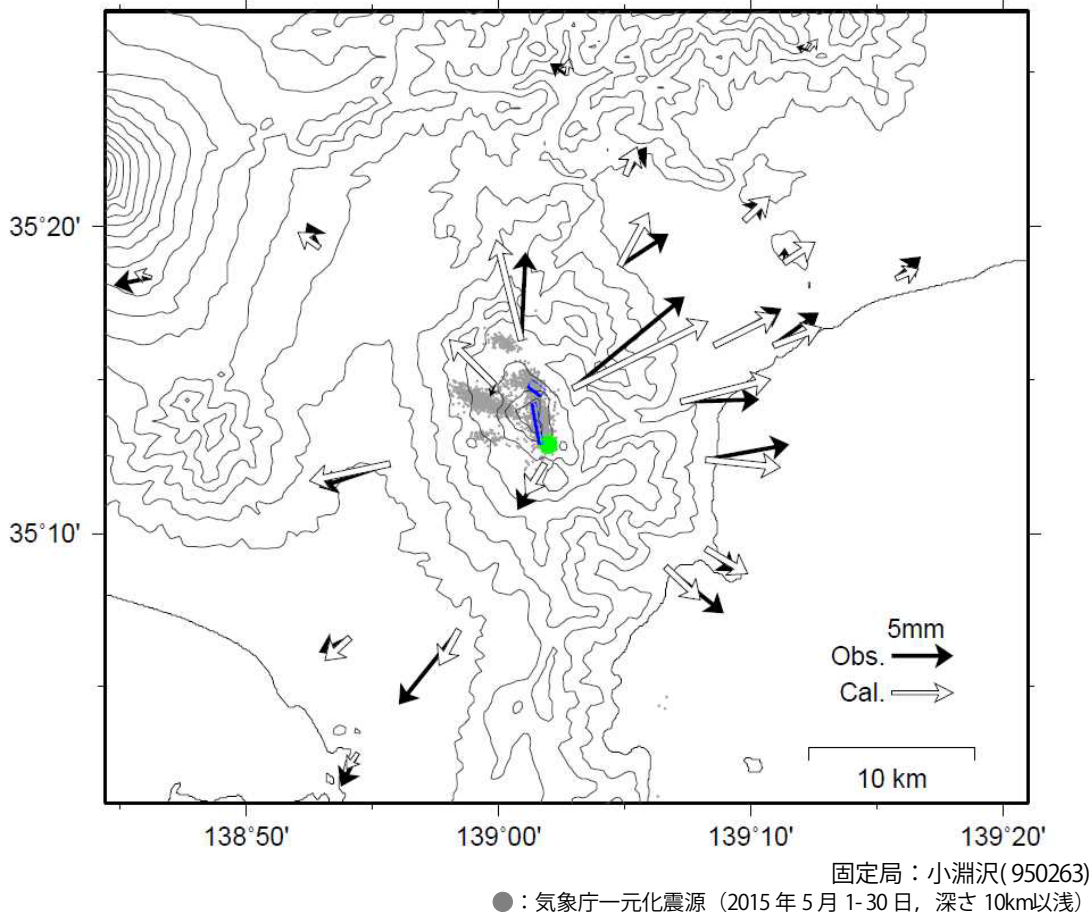
本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

箱根山

## 箱根山周辺の地殻変動源モデル

基準期間：2015/03/16-2015/03/30[F3: 最終解]  
比較期間：2015/05/25-2015/06/01[R3: 速報解]

トレンド：2013/04/01-2014/04/01



球状膨張源 ● 1at=139.03 Lon=35.22 D=7.4km  $\Delta V = 2.7 \times 10^6 \text{ m}^3$

開口断層 (南) 1at=139.03 Lon=35.22 D=4.1km L=2.5km W=3.5km Strike=350 Dip=86 Open=0.15m [ $\Delta V = 1.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ]

開口断層 (北) 1at=139.03 Lon=35.24 D=0.6km L=1.0km W=1.0km Strike=306 Dip=59 Open=0.25m [ $\Delta V = 0.25 \times 10^6 \text{ m}^3$ ]

箱根山周辺の GNSS 観測点（電子基準点と統合解析を行った神奈川県温泉地学研究所および気象庁の GPS 観測点）において観測された地殻変動に基づき、変動源を推定した。イベントに伴う地殻変動を抽出するため、2015 年 3 月 16 日～30 日と 5 月 25 日～6 月 1 日の平均値の差のベクトルから、2013 年 4 月～2014 年 4 月のトレンドを定常的な地殻変動として差し引いている。

深さ 7.4 km の球状膨張源は、2001 年の活動時において推定された場所（国土地理院、2002）に固定した。

開口断層（南）は、箱根山直下の地震の震源に合わせて場所を拘束し、開口量を推定した。

開口断層（北）は、国土地理院（2002）の北側の浅い変動源を基に、傾斜角、開口量を推定した。

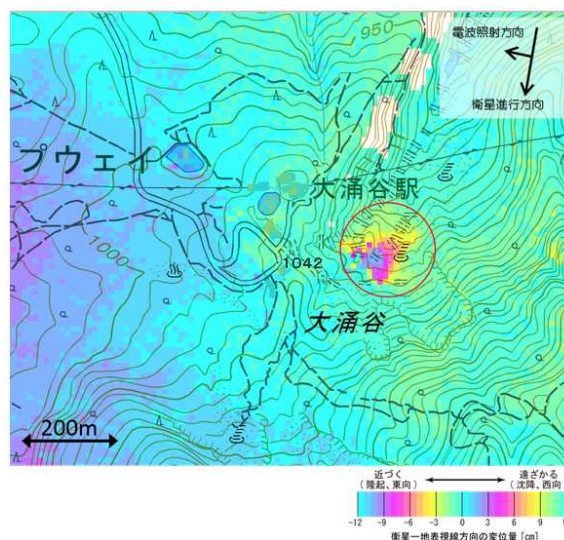
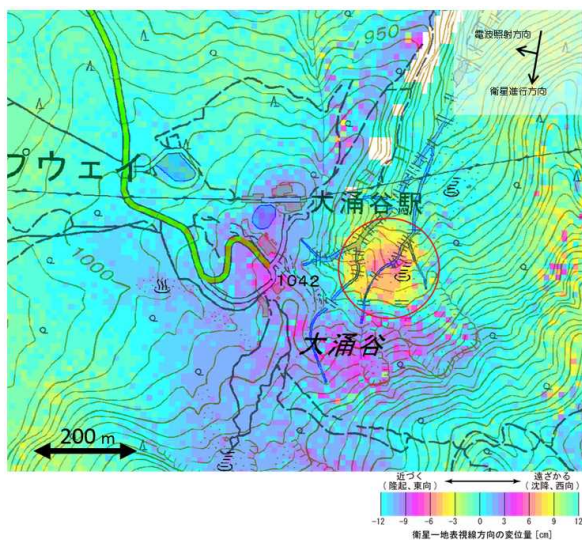
国土地理院（2002）：箱根山とその周辺地域の地殻変動，火山噴火予知連絡会会報，80，34-50。



## 箱根山の火山活動に関わる情報

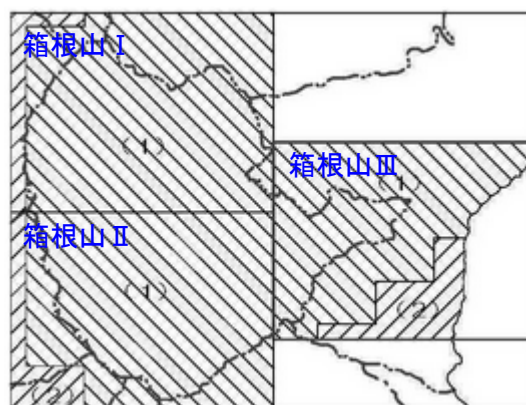
国土地理院では、箱根山において地殻変動及び火山基本図をホームページにて公開中。

<http://www.gsi.go.jp/kikakuchousei/bousaichousei/h27-hakoneyama-index.html>



## 大涌谷（箱根山）における地殻変動の検出について

解析期間（左）2014/10/9～2015/5/7、（右）2015/5/21～6/4、発表 2015/5/10～6/6、  
（全 4 回の解析結果をコメントとともに公開。）



## 火山基本図（陰影段彩及び白地図）の提供

作成 2012/3、縮尺 1/10,000

## 凡例

各 3 図葉を JPG 及び GDF にて、提供中