

# 地上設置型合成開口レーダー(GBSAR) を用いた観測事例と今後の課題



2015年12月2日

平成27年度 京都大学防災研究所 一般研究集会(課題番号:27K-08)  
新世代SARがもたらす災害・環境モニタリングの進展

日本工営株式会社  
倉岡 千郎 中島裕一

# 1. 装置の概要

## 2. 観測事例

事例1: 近距離から時間変動の大きい変位を計測  
箱根山・大湧谷における観測

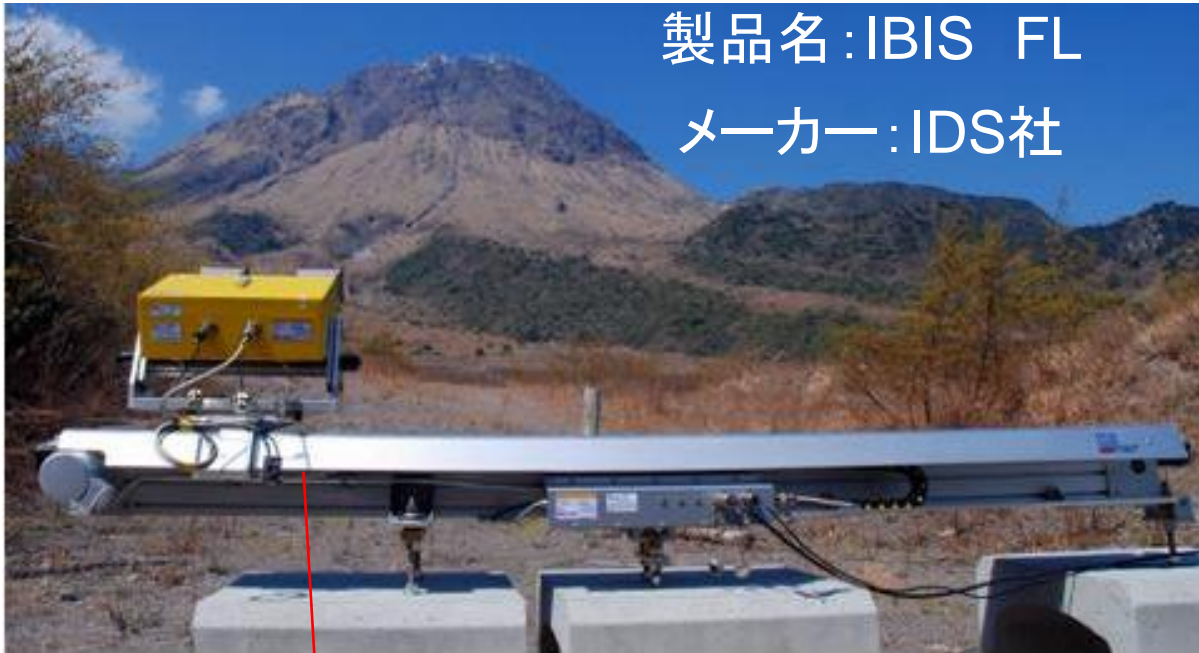
GBSAR用のPS法(メーカーのつけた名称)

事例2: 長距離から時間変動の小さい変位を計測  
雲仙普賢岳における観測  
Repeat Pass法(仮の呼び方)

## 3. 課題に係る改善に向けて

反射板による試験

# 1.地上設置型合成開口レーダー (GBSAR) の概要

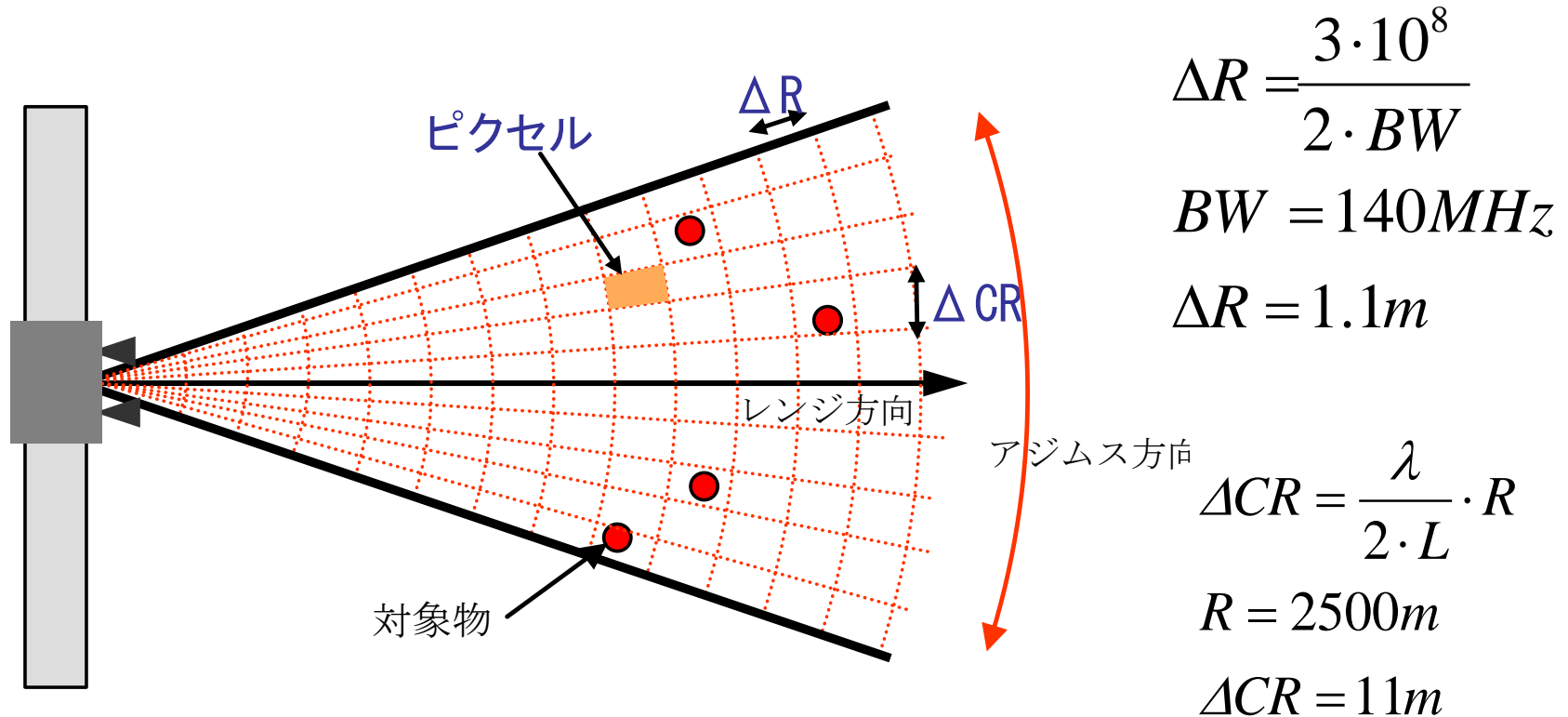


2mのレール上をアンテナが移動→合成開口



ホーン型  
アンテナ

# 周波数及び分解能



- ・Ku バンド周波数: (中心周波数: 17.17GHz)
- ・バンド幅 140 MHz
- ・波長は約 17 mm
- ・アジムス方向のピクセル数: 401ピクセル
- ・観測間隔は5-7分程度(観測距離に基づくユーザー設定)



# 事例1: 近距離(200m-700m)から時間変動の大きい変位を計測

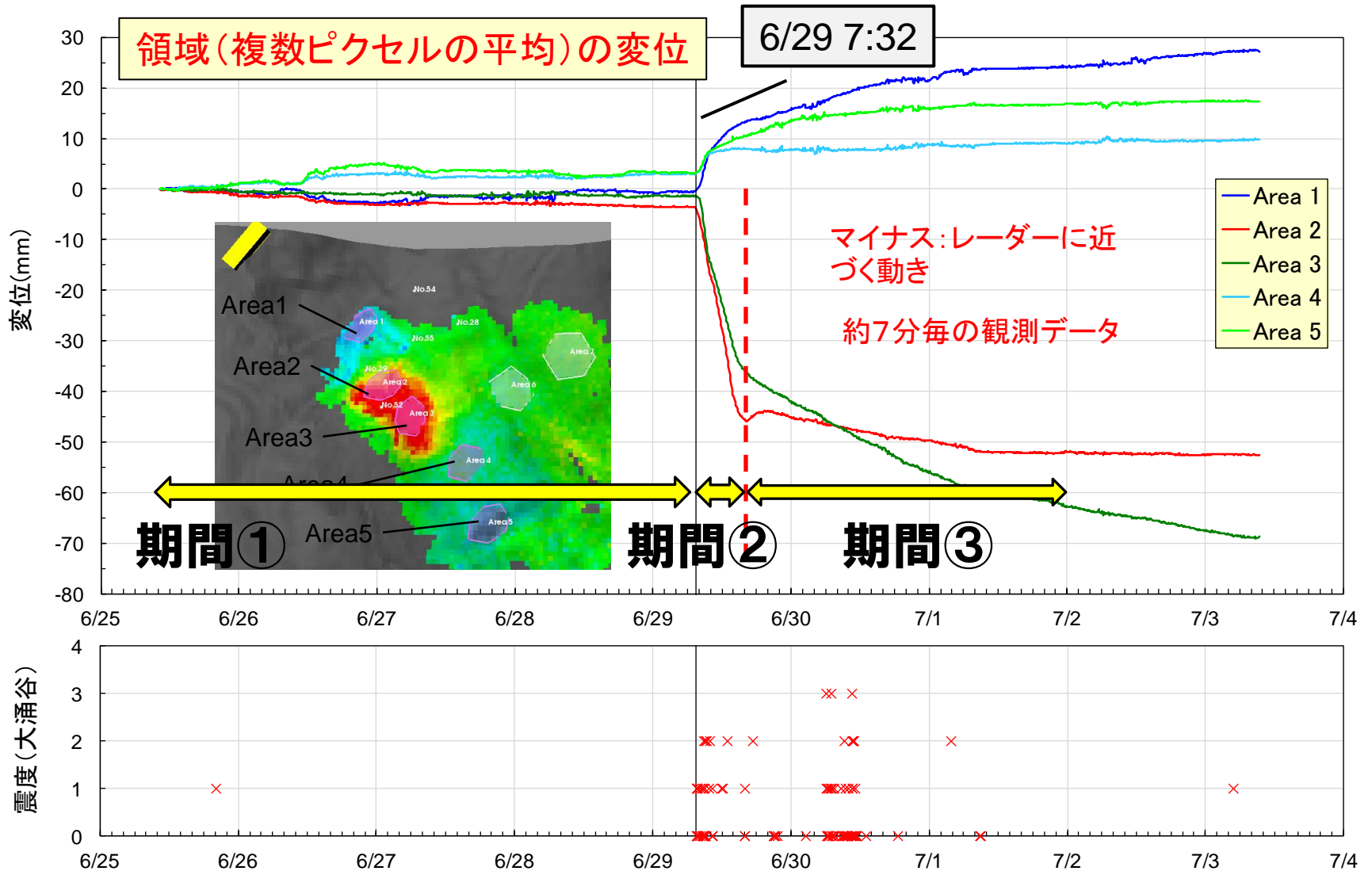
箱根山・大湧谷における観測

解析方法: GBSAR用のPS法(メーカーのつけた名称)



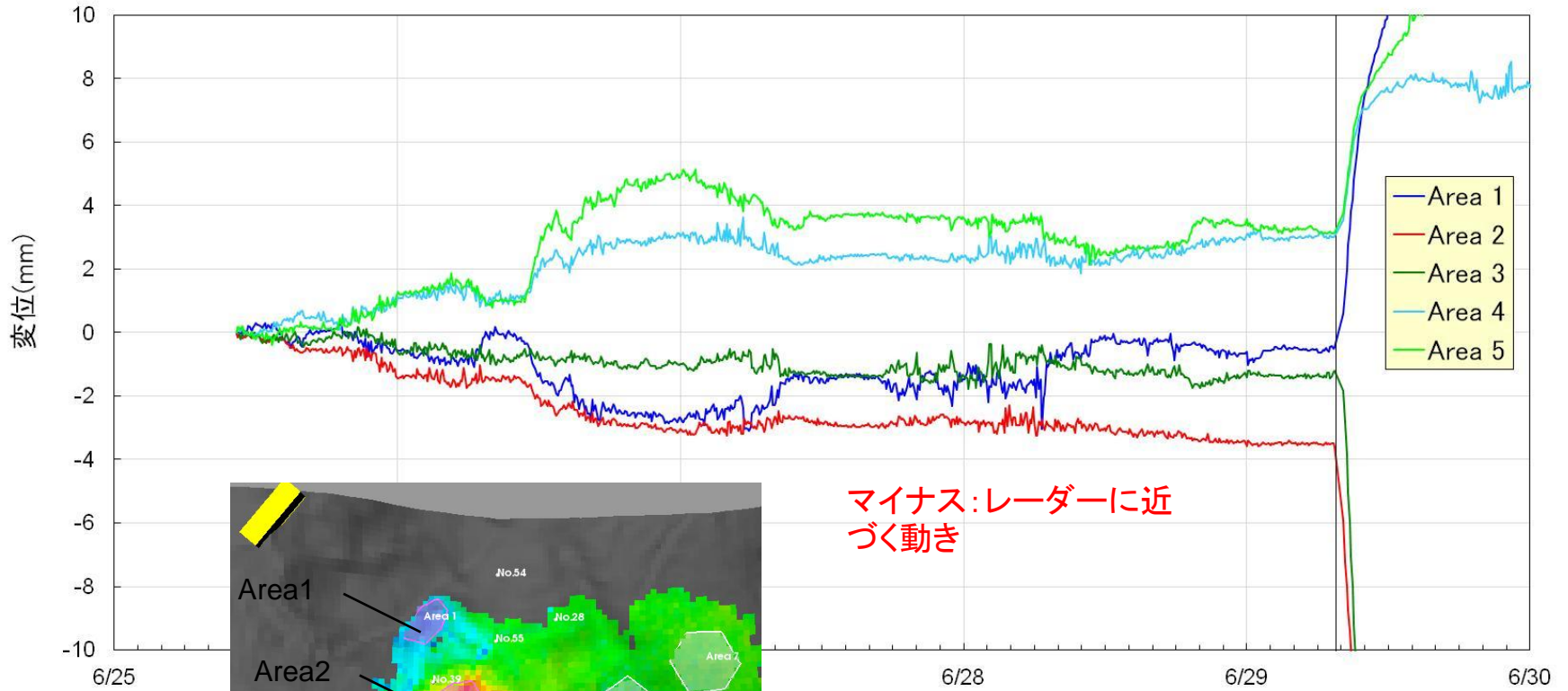
神奈川県温泉地学研究所及び  
日本工営株式会社の共同実施

# 2015, 6/25 10:20~7/3 9:26の変位

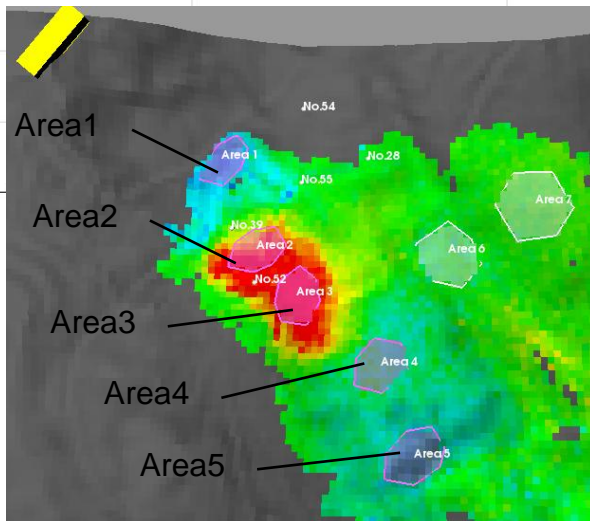


※本結果は速報暫定版です。解析条件の見直し等により今後結果が変わる可能性があります。

# 6/29 前の時間スケールを拡大



マイナス: レーダーに近づく動き



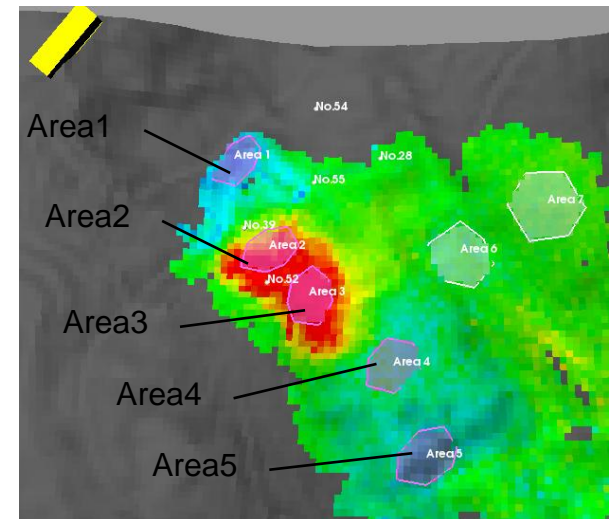
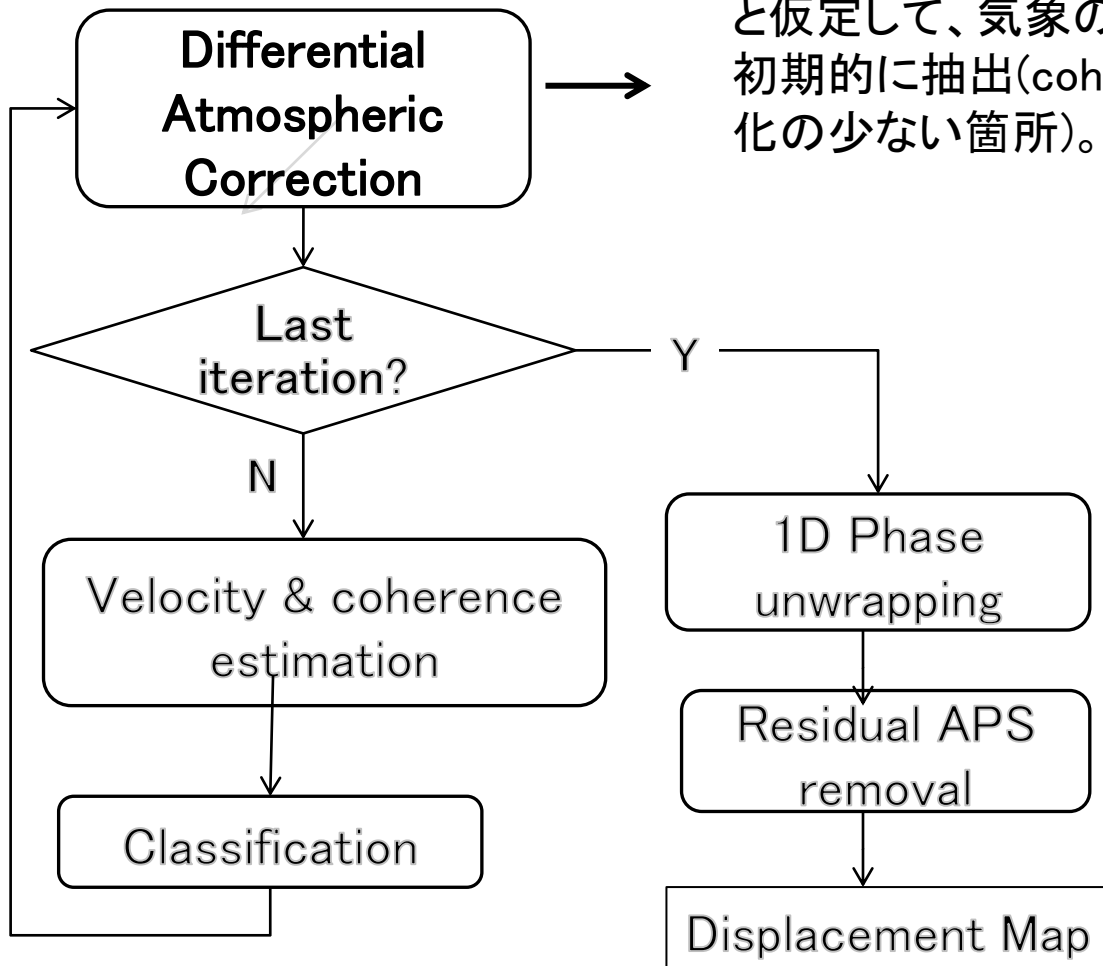


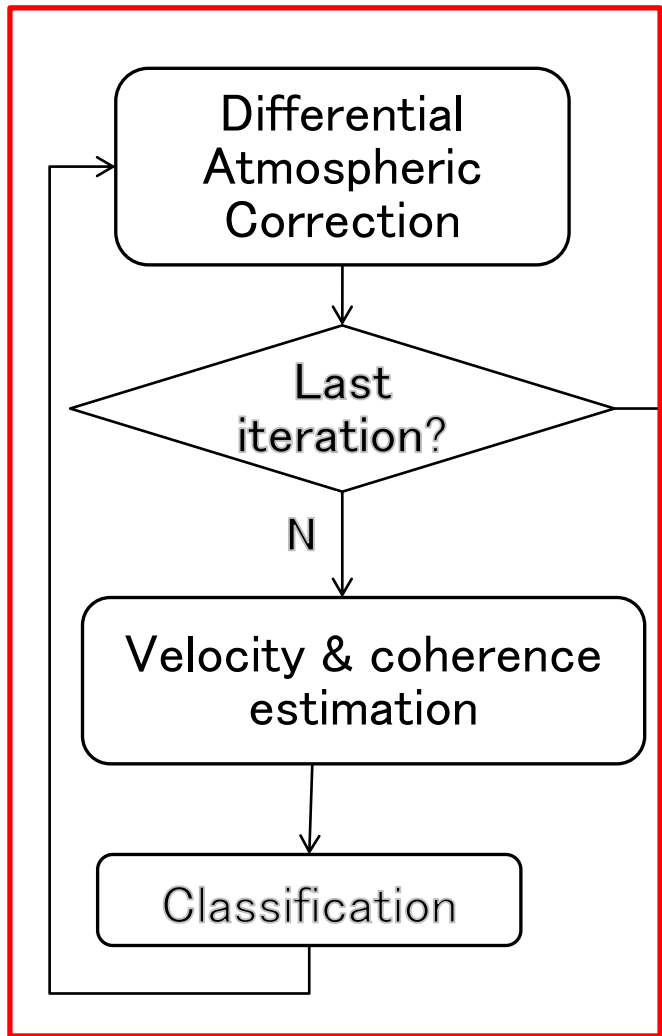


# IBISの標準的な解析方法(PSを使った自動補正による5-7分毎の解析)

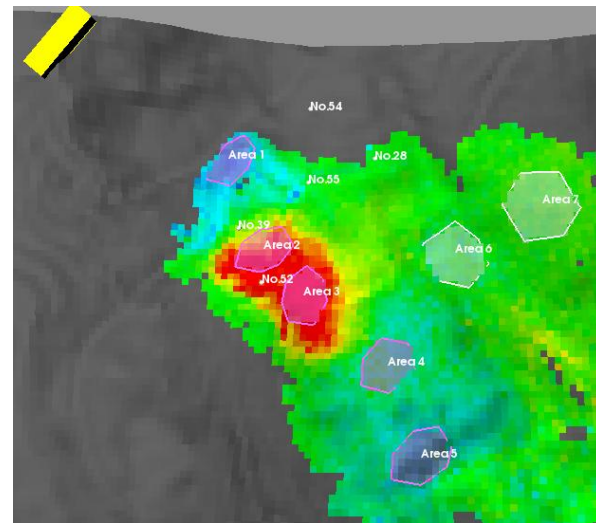
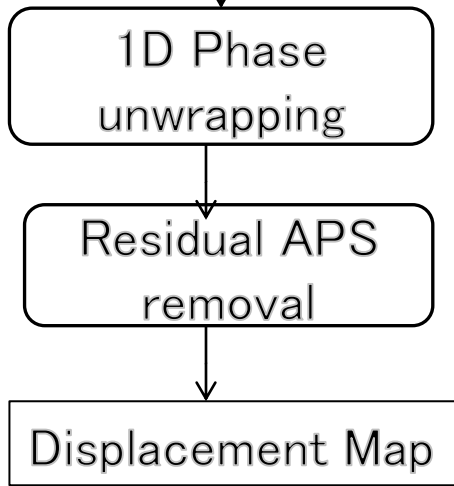
初回の計算

解析領域の約60%(ユーザー設定可能)が不動領域と仮定して、気象の影響補正に用いるPS点(仮定)を初期的に抽出(coherenceやSNRが良く、位相の変化の少ない箇所)。





- ・10程度のinterferogramを使って、繰り返し演算により不動とするPSと動いているとするPSを分類
- ・更新された不動と見なされるPSを使って補正を繰り返す
- ・この後、位相を変位に変換



問題: 解析領域の全体が動くと補正用のPS点が無い

## 事例2: 長距離から時間変動の小さい変位を計測 雲仙普賢岳における観測

### 雲仙普賢岳の観測に係るスライドの出典

Yasuyuki SATOU,<sup>1</sup> Tadanori ISHIZUKA,<sup>2</sup> Senro KURAOKA,<sup>3,\*</sup> Yuichi NAKASHIMA,<sup>3</sup> and Takanori KAMIJO

Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring

国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

1 Unzen Restoration Work Office Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

2 Erosion and Sediment Control Research Group, Public Works Research Institute

3 R&D Center, Nippon Koei Co, Ltd.



# 1 Current issues

- Detection of sign of instability based on monitored displacements
- Mechanisms of the movement

The Unzen Restoration Work Office, MILT has been monitoring the movements and localized failure of the lava dome in order to ensure the safety of the public.

- Surveillance camera
- Vibration sensors
- Electronic distance measurements (EDMs)
- Ground based synthetic aperture radar (GBSAR)

## 2 Contents of this presentation

- Long range displacement monitoring by EDMs and GBSAR.
- Potential mechanisms of the movements of the lava

### 出典

Yasuyuki SATOU,<sup>1</sup> Tadanori ISHIZUKA,<sup>2</sup> Senro KURAOKA,<sup>3,\*</sup> Yuichi NAKASHIMA,<sup>3</sup> and Takanori KAMIJO  
Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring  
国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

1 Unzen Restoration Work Office Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

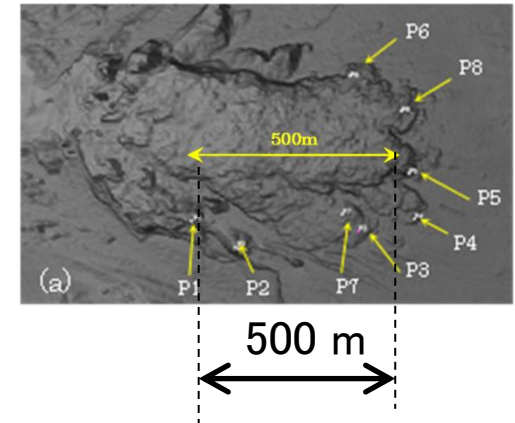
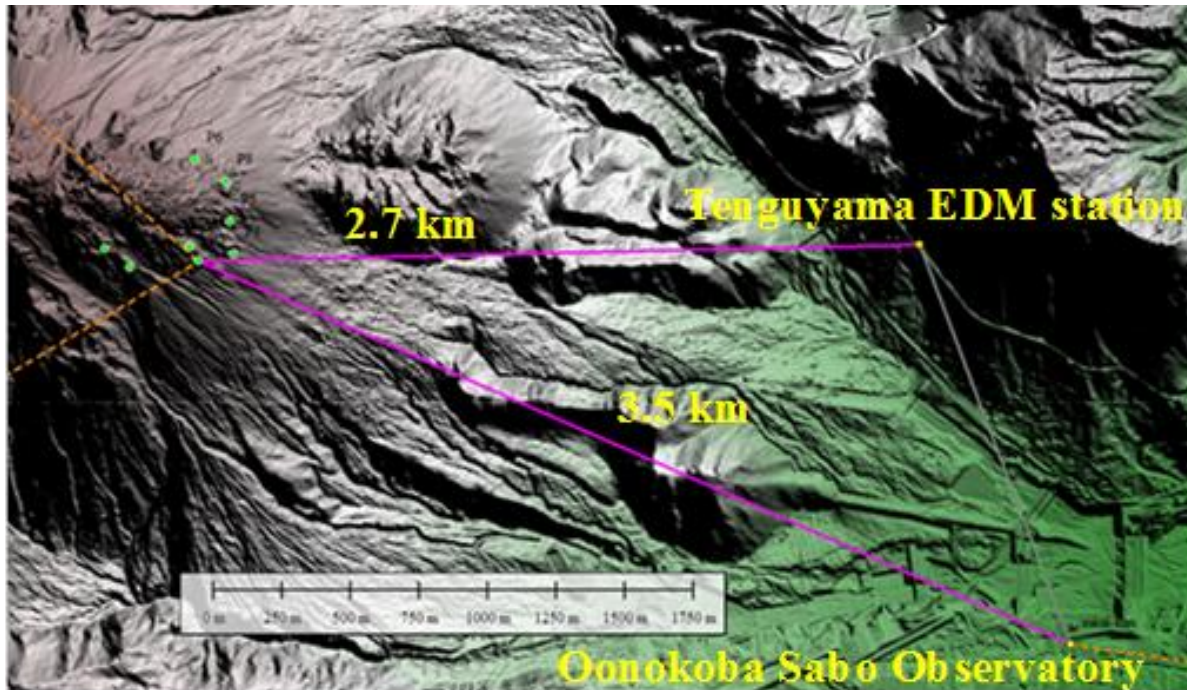
2 Erosion and Sediment Control Research Group, Public Works Research Institute

3 R&D Center, Nippon Koei Co, Ltd.



# AUTOMATIC ELECTRONIC DISTANCE MEASUREMENTS (EDM)

The change in the distances between the mirrors and the station are obtained with the two EDM stations set at two different locations since September 1<sup>st</sup> of 2007

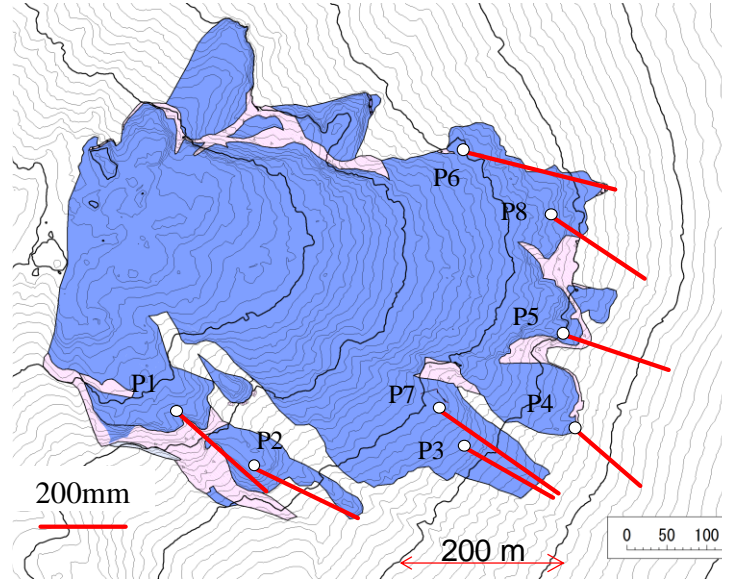
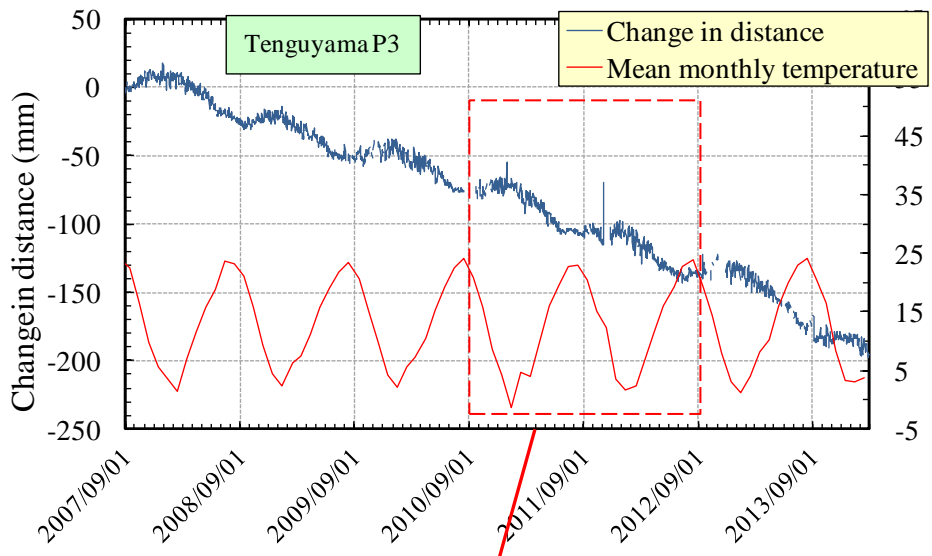


Locations of the EDM stations and reflecting mirrors

出典 Yasuyuki SATOU, Tadanori ISHIZUKA, Senro KURAOKA, Yuichi NAKASHIMA, and Takanori KAMIJO: Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring, 国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

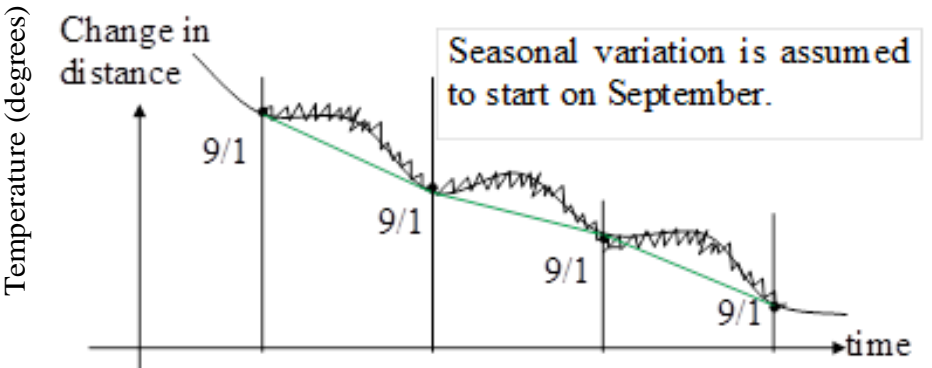
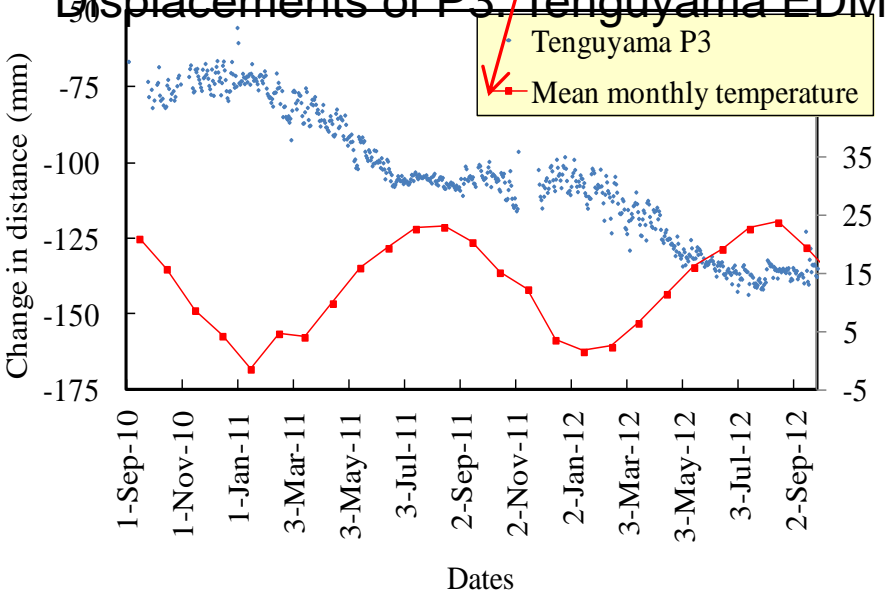


# EDM



Displacement vectors

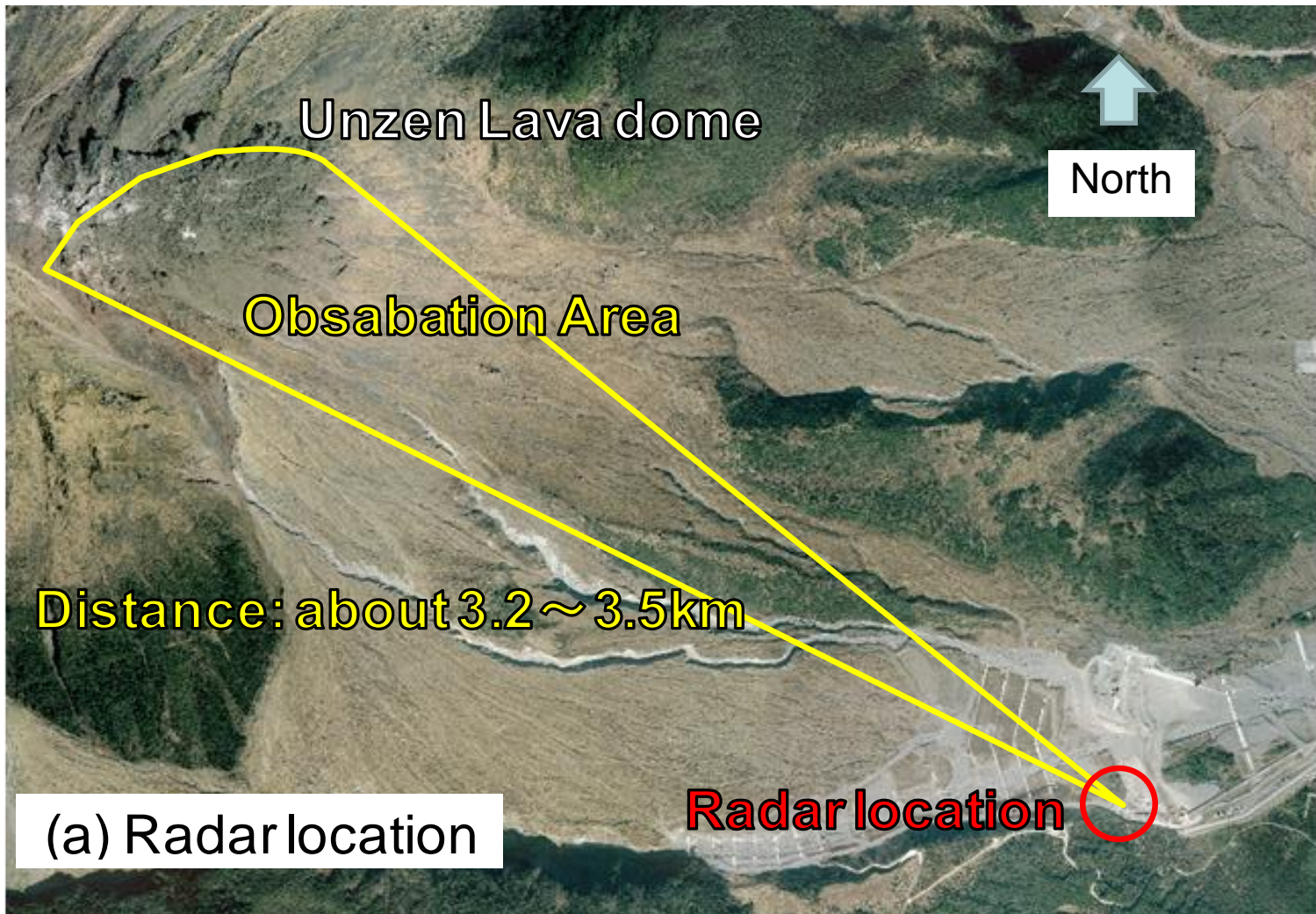
## Displacements of P3: Tenguyama EDM stations (2007/9/1 to 2014/3/1).



30 ~ 60mm/year (0.08 ~ 0.16mm/day)  
 Correlation with monthly mean temperature can be seen

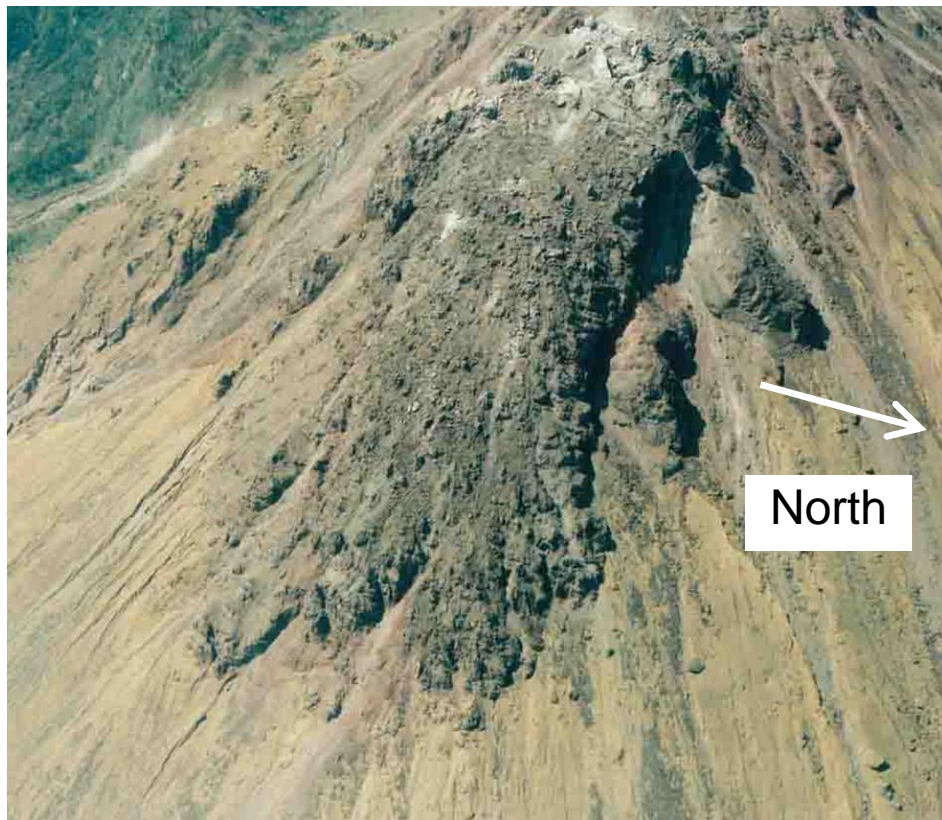
## From Tenguyama EDM stations (2011/9/1 to 2014/3/1)

## Location of the GBSAR station: 3.2 to 3.5 km from the lava dome

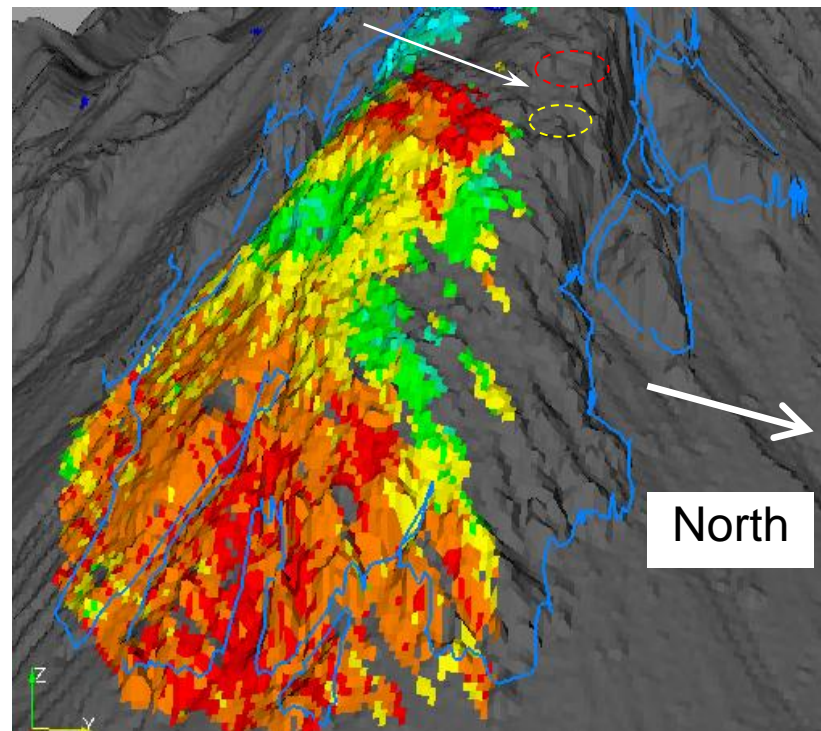




## Area of the dome projected by GBSAR



Aerial photo on 2008

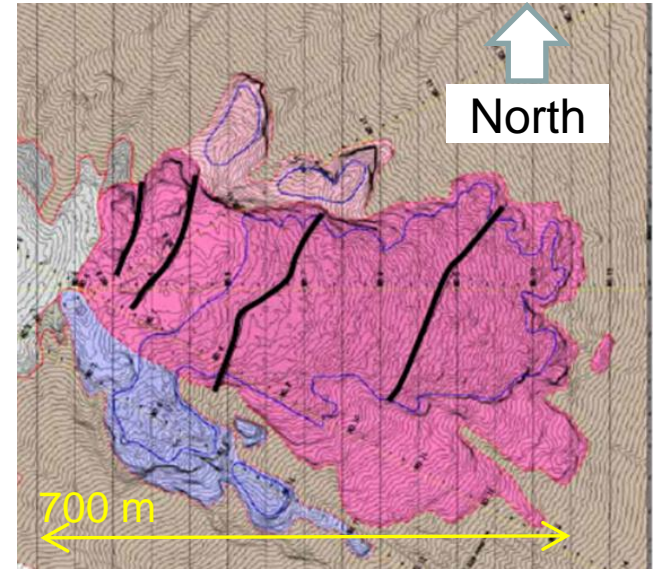
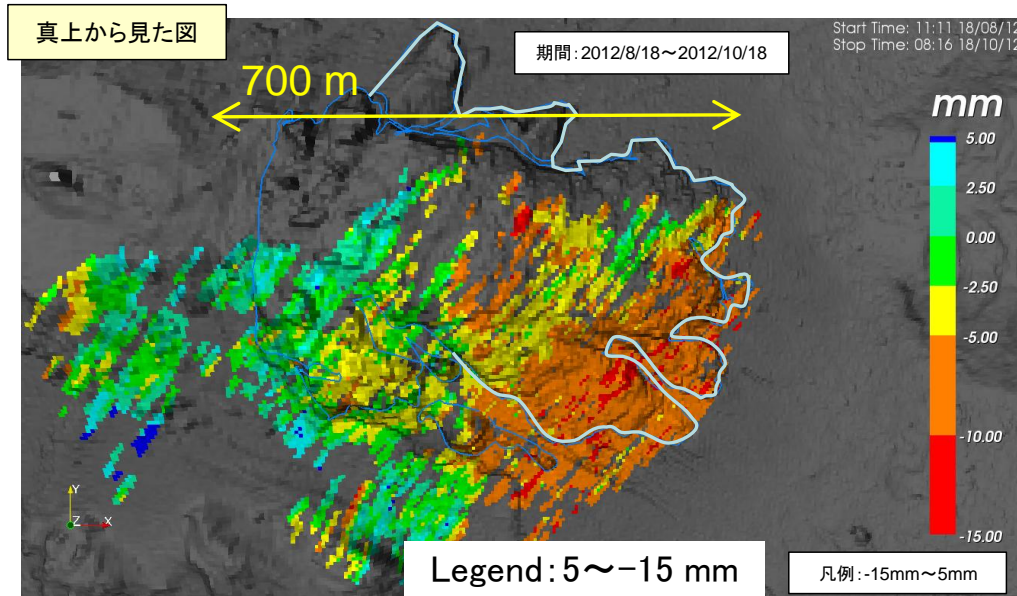


Displacement 2013/9/1-2014/3/1

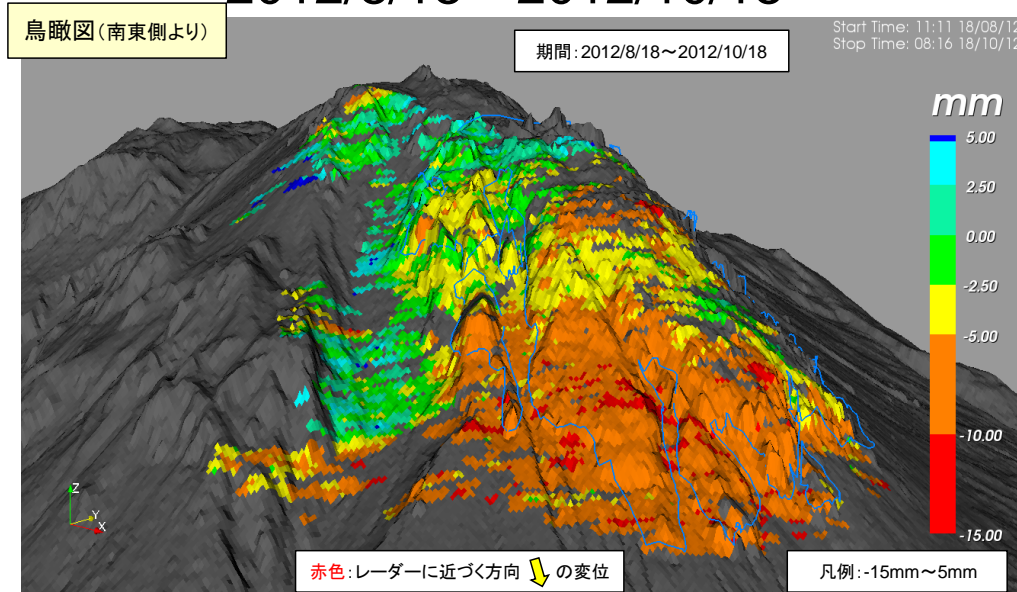
From report of Unzen Restoration Work Office, MILT (2013)



# Area of the dome projected by GBSAR



2012/8/18~2012/10/18

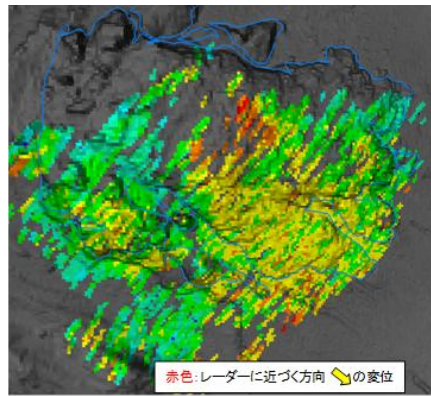


2012/8/18~2012/10/18

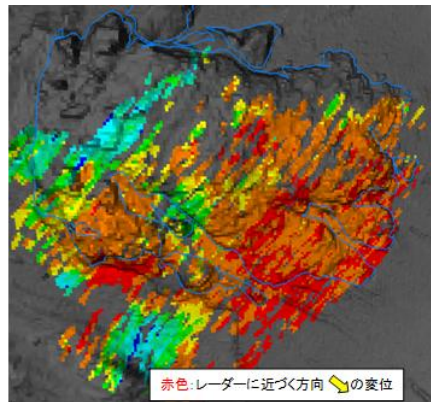
出典 Yasuyuki SATOU,<sup>1</sup> Tadanori ISHIZUKA,<sup>2</sup> Senro KURAOKA,<sup>3\*</sup> Yuichi NAKASHIMA,<sup>3</sup> and Takanori KAMIJO: Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring  
国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

# Distribution of displacement

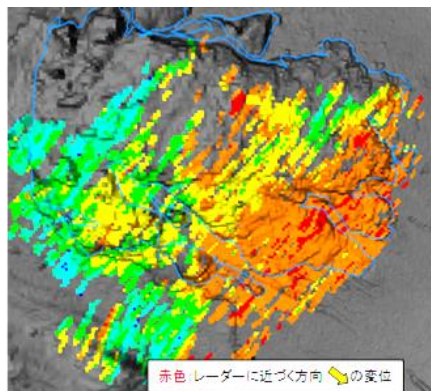
Period A:  
2012/4/18～  
2012/6/17



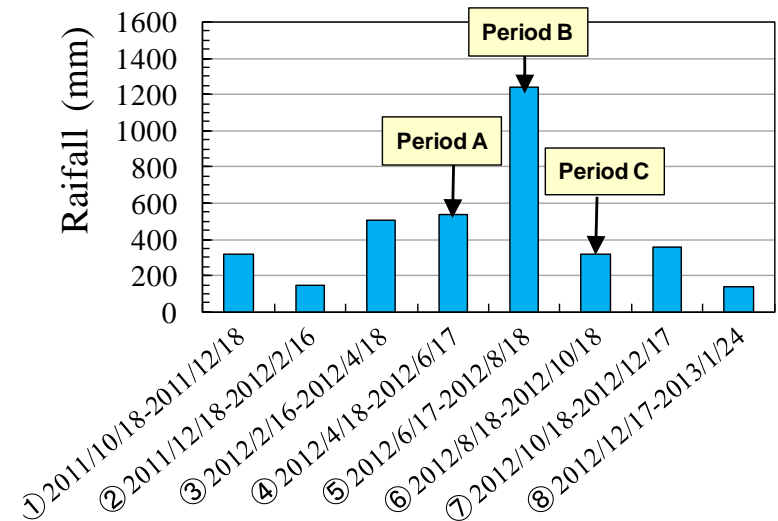
Period B:  
2012/6/17～  
2012/8/18



Period C:  
2012/8/18～  
2012/10/18



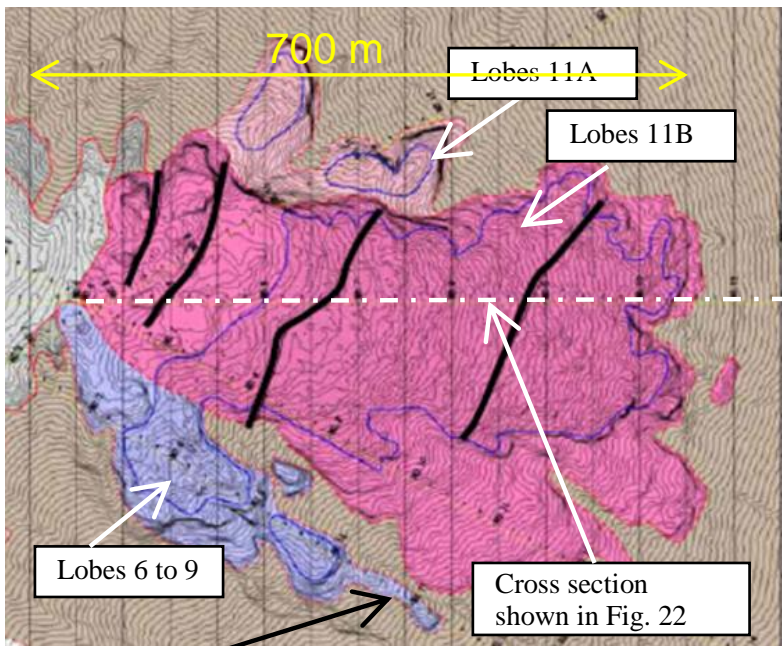
← (Legend: 5～-15 mm)



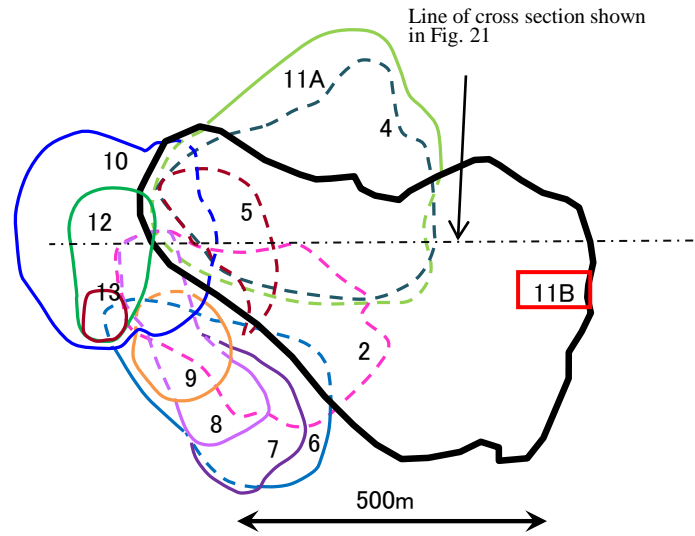
**Rainfall may be affecting  
the displacement**

出典 Yasuyuki SATOU, Tadanori ISHIZUKA, Senro KURAOKA, Yuichi NAKASHIMA, and Takanori KAMIJO:  
Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on  
Long Range Displacement Monitoring 国際シンポジウム  
2014 INTERPREAVENT

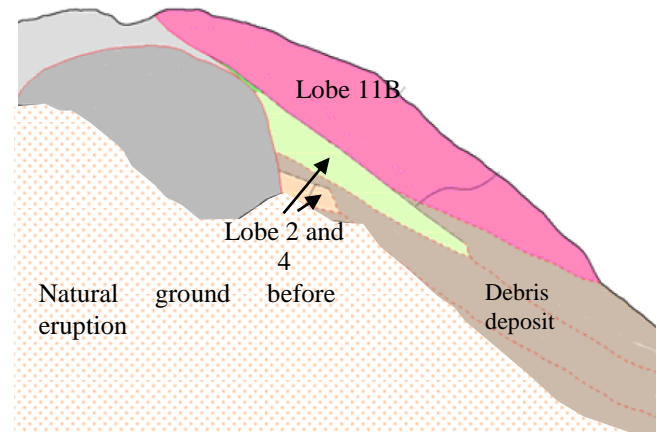
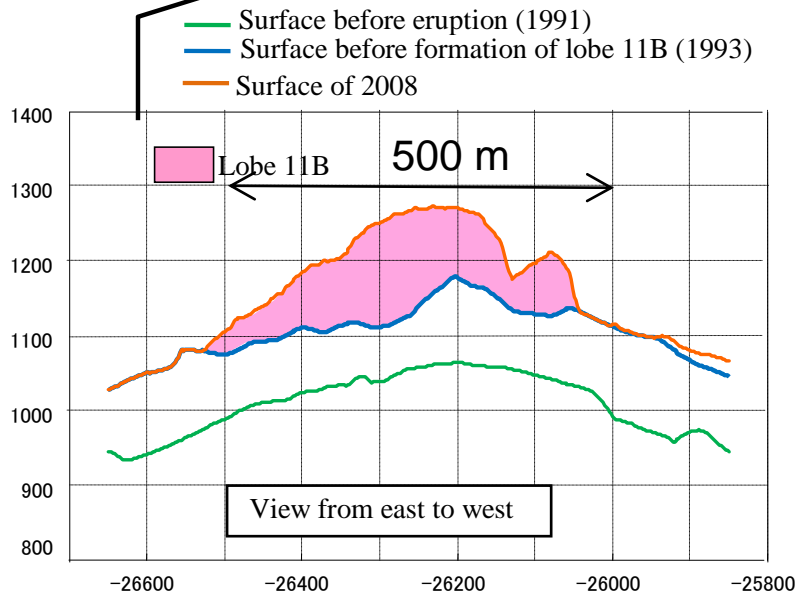




# Structure of lava dome



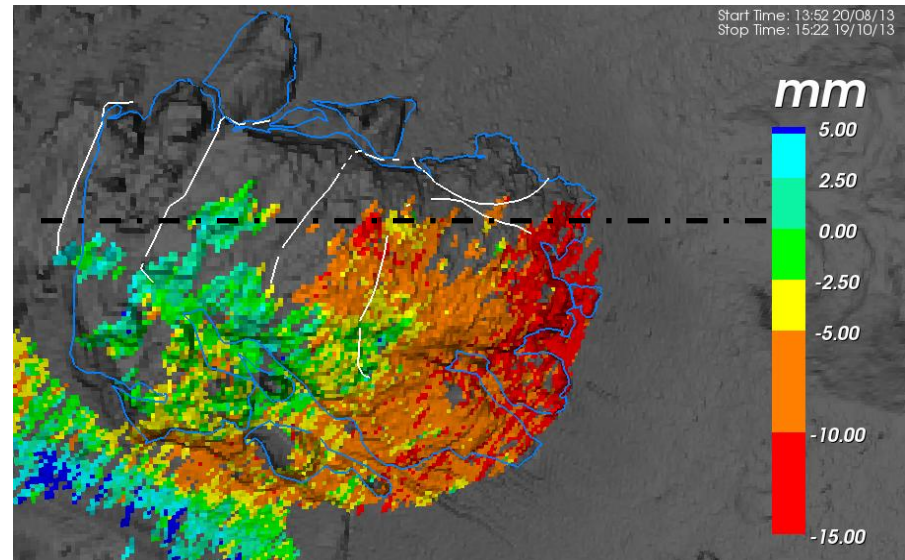
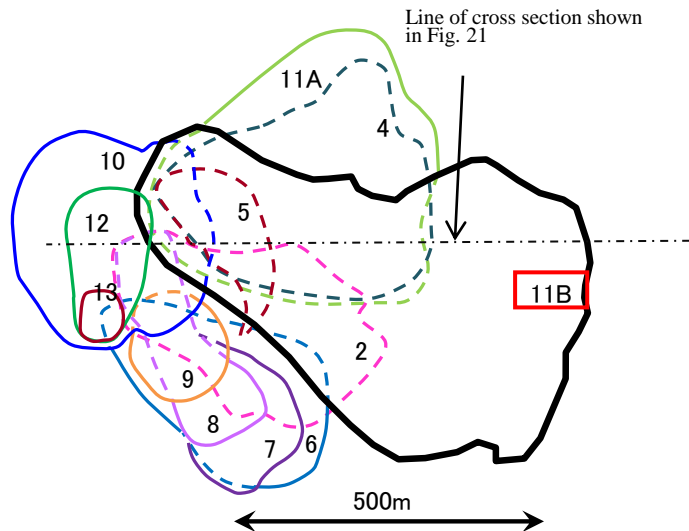
Oota (1996)



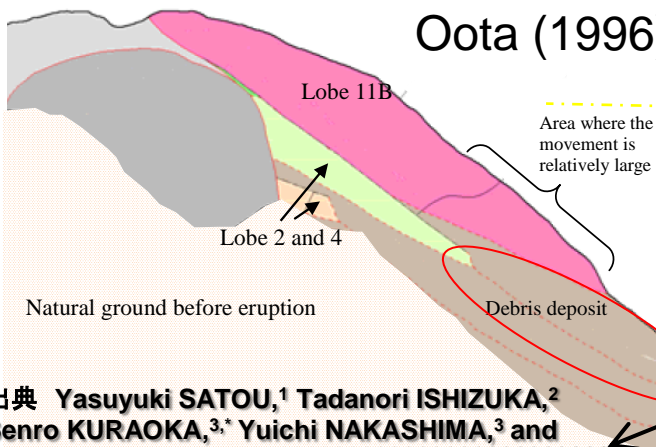
From report of Unzen Restoration Work Office, MILT (2009)

出典 Yasuyuki SATOU, Tadanori ISHIZUKA, Senro KURAOKA, Yuichi NAKASHIMA, and Takanori KAMIJO: Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring 国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

# Correlation between the structure of lava dome and the distribution of displacement



Oota (1996)



Period B: 2013/8/20 ~ 2013/10/19 (Approx. 2 months)

出典 Yasuyuki SATOU, Tadanori ISHIZUKA, Senro KURAOKA, Yuichi NAKASHIMA, and Takanori KAMIJO: Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring 国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

Relatively loose zone

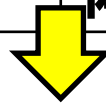
One of the main factors affecting the direction and the differential movements of 11B may be the differences in the deformability of the materials underlying 11B

出典 Yasuyuki SATOU,<sup>1</sup> Tadanori ISHIZUKA,<sup>2</sup> Senro KURAOKA,<sup>3\*</sup> Yuichi NAKASHIMA,<sup>3</sup> and Takanori KAMIJO: Deformation Characteristics of Unzen Lava Dome based on Long Range Displacement Monitoring 国際シンポジウム 2014 INTERPREAVENT

# 課題に対する取り組み(反射板(Corner reflector)試験観測)

- 植生域の変位を捉えることが難しい。植生域では、反射板を利用できないか。
- 遠距離で且つ変位が小さい場合の精度検証が必要。そこで、反射板を利用して、どの程度の小さい変位なら検知できるか検証できないか実験を行った。

地上設置型	衛星搭載型(ALOS-2)
波長約17mm(Kuバンド)	波長約24cm(Lバンド)
雲・雨で減衰 葉で反射	雲・雨・葉・枝を通過して、幹・物 体・地表面で反射



## 反射板(CR: Corner reflector)を利用

### 検討内容

- 植生域に設置された反射板の検知性
- CRを岩盤の近くに置いた場合、岩盤と分離できるか
- CRの向きがLine of sight (LOS) からある程度ずれても検出できるか

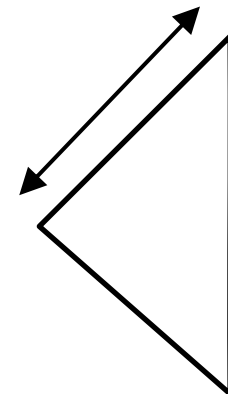
# 碎石場 反射板(Corner reflector)試験観測 2015年 4月と10月に実施



反射板(CR: Corner reflector)



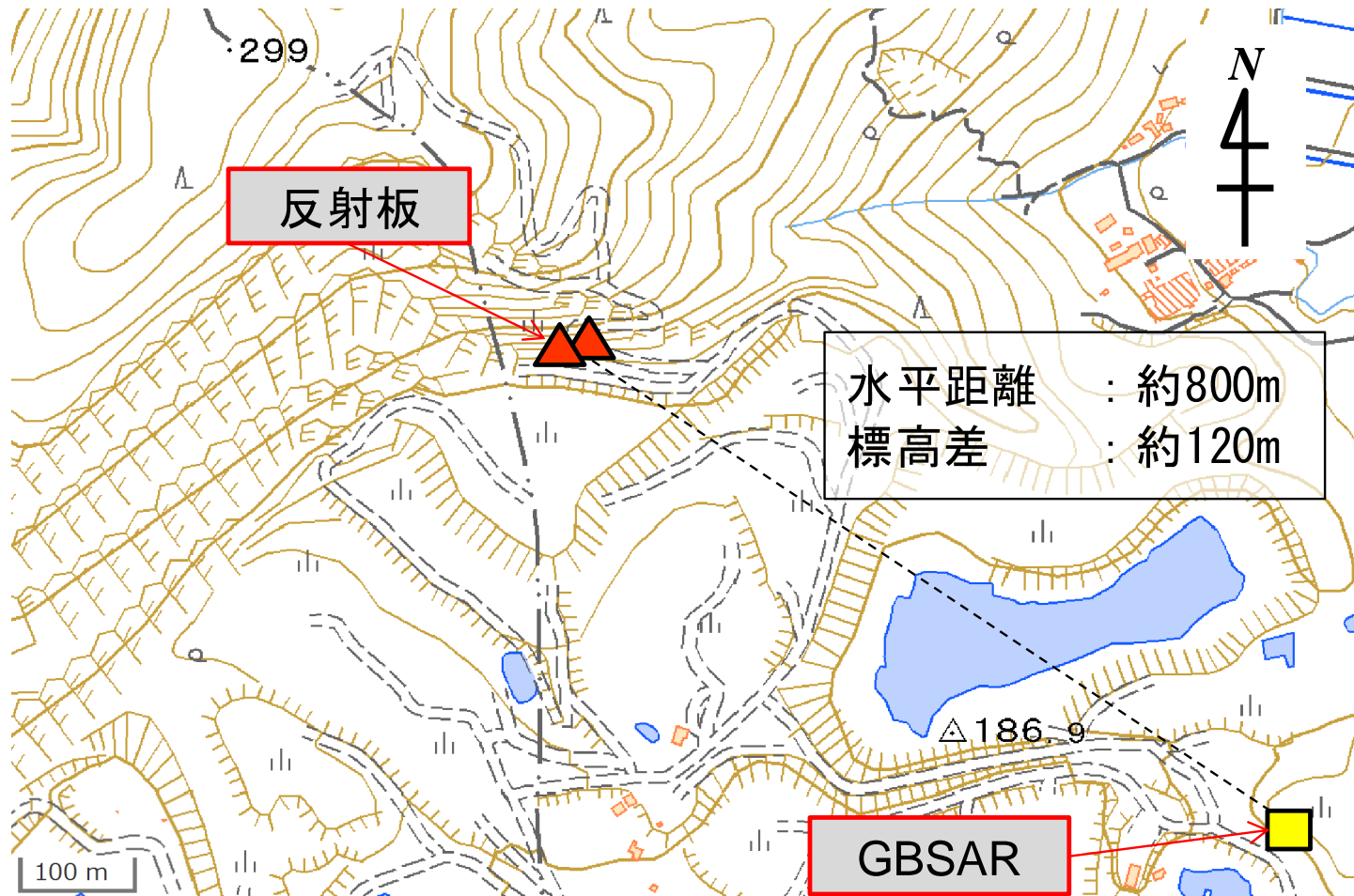
辺の大きさの異なる3つのCRを用いた: 70 cm、45 cm、30 cm





# 基礎試験内容 試験地

- ・茨城県内の採石場
- ・GBSARを下方平坦地、反射板を中腹作業道付近に設置



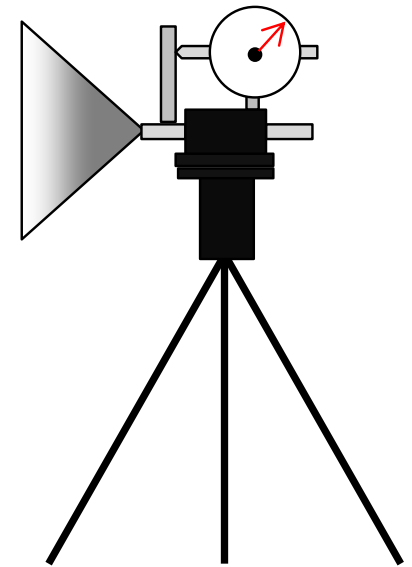
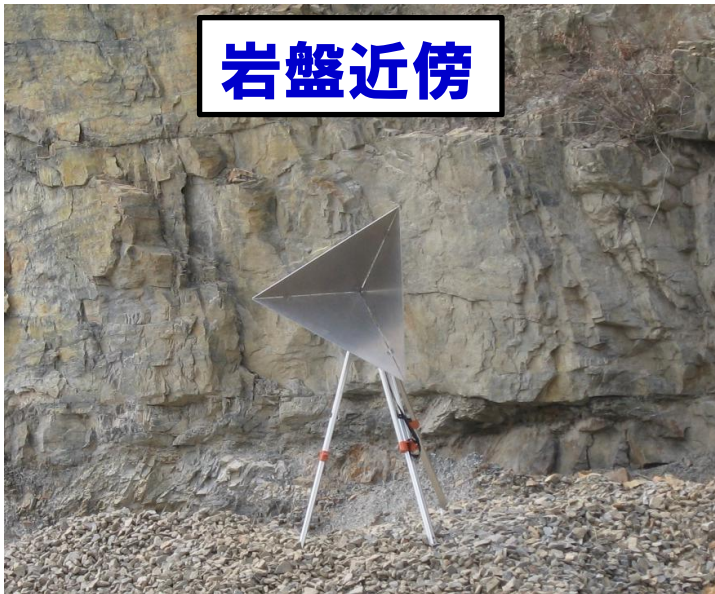


# 試験方法とケース

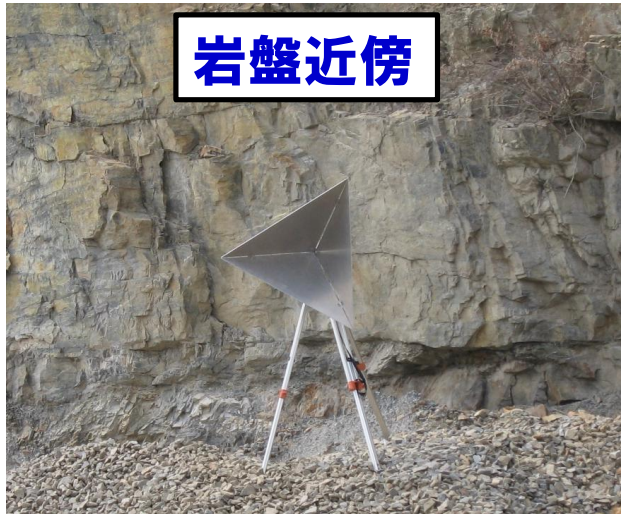
- ①反射板を設置しない状態で計測
- ②反射板を設置した状態で計測
- ③2mm毎の変位を与え計測

- ・辺の大きさの異なる3つのCR(70 cm、45 cm、30 cm)を使用
- ・CRの向きをLine of sight(LOS)から30度、水平方向に振る

岩盤近傍と植生域で①⇒②⇒③を実施

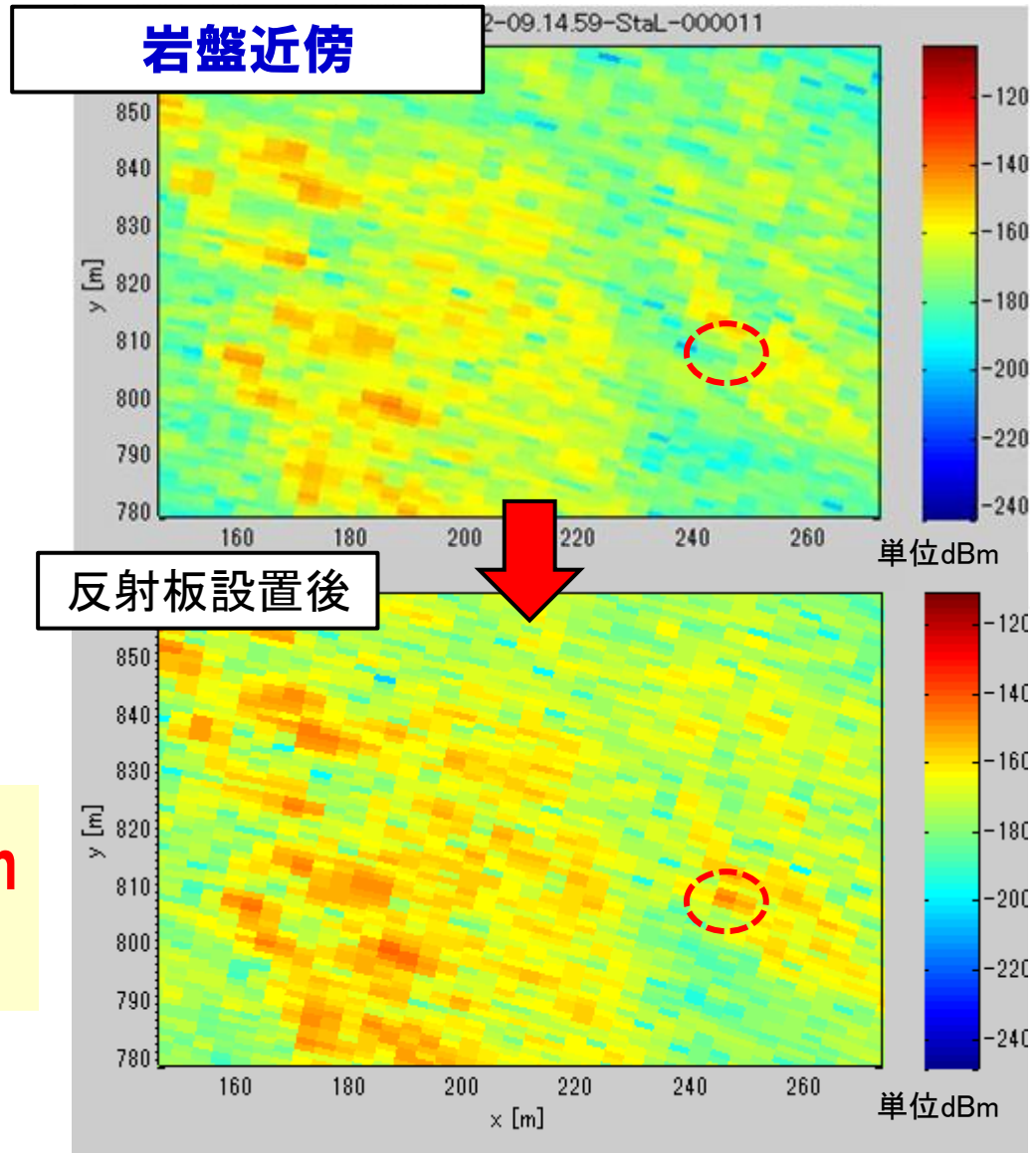


# 試験結果例 (大きさ70cmのケース) 岩盤近傍(パワーマップの変化)

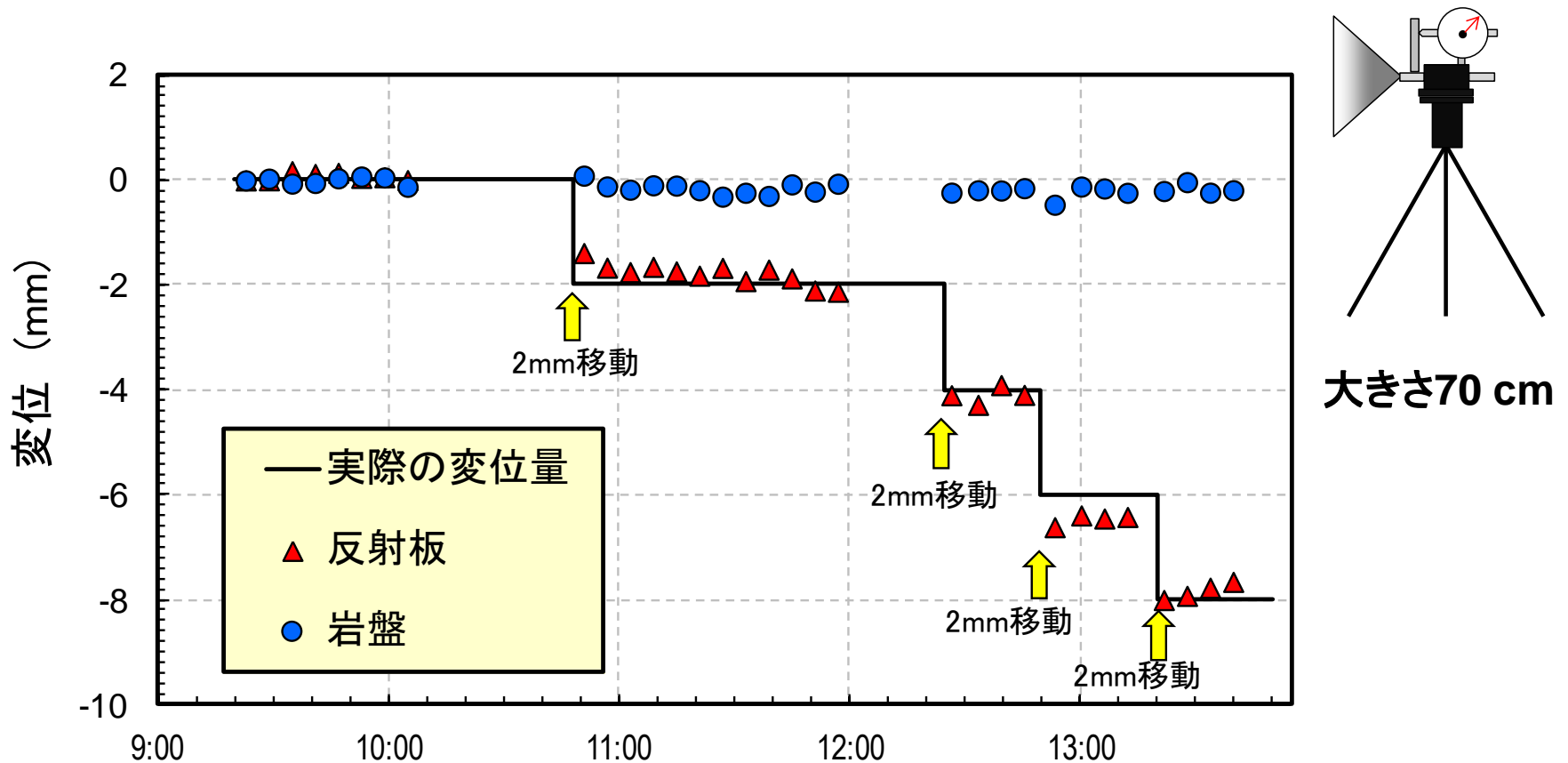


大きさ70 cm

**-180dBm ⇒ -150dBm  
に上昇**



# 試験結果例 岩盤近傍(人為的に変位)



2乗平均平方根誤差(RMSE)=0.27mm

# まとめ

- 3つの大きさの異なるCRを使った結果の変位の精度は、2乗平均平方根誤差で0.1mm~0.35mmであり、1mm程度の精度は有すると考えられる。
- 本実験の条件ではCRを岩盤と植生から分離して検出できる
- 反射板の向きを30°程度振っても、475mの距離においては、2乗平均平方根誤差で0.1mmで変位を計測することができる。

## 2乗平均平方根誤差

	70cm	45cm	30cm	30cm30° 回転
地点A (840m)	0.27mm	0.18mm	0.35mm	未実施
地点B (475m)	—	0.18mm	0.11mm	0.10mm



御清聴ありがとうございました