# 口永良部島の地殻変動

#### 口永良部島では, 噴火前の5月以降, 光波測距観測で微小な地殻変動が記録されていた.

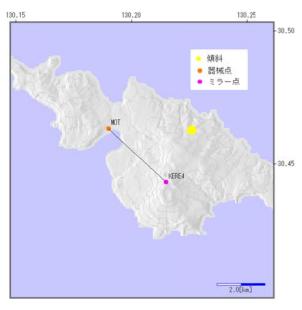


図1 光波測距の観測点配置図.

#### 1. 光波測距観測

本村(MOT)~新岳火口南南西約 400m の反射点(KERE4)間の光波連続測距観測データを, 客観解析気象モデルを用いて補正した(高木他(2010)による). 2014年9月14日からの分値を時平均した図2によると, 2015年5月上旬から中旬までに約1cm 短縮した後, 5月29日09時59分の噴火直前まで伸張していたように見える. なお, 記録は噴火以降欠測となっている.

# 光波測距(時平均)

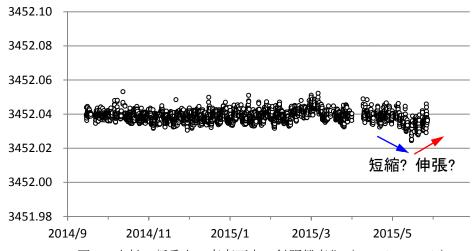


図 2 本村-新岳火口南南西点の斜距離変化 (2014/9-2015/5).

観測点の配置から短縮は新岳の山体収縮、伸張は山体膨張を反映する.

# 2. 地震活動, 傾斜との対応

斜距離変化は地震活動と同期していない. 傾斜記録の長周期成分には由来が不明の変動が 重畳しており, 関係は不明.

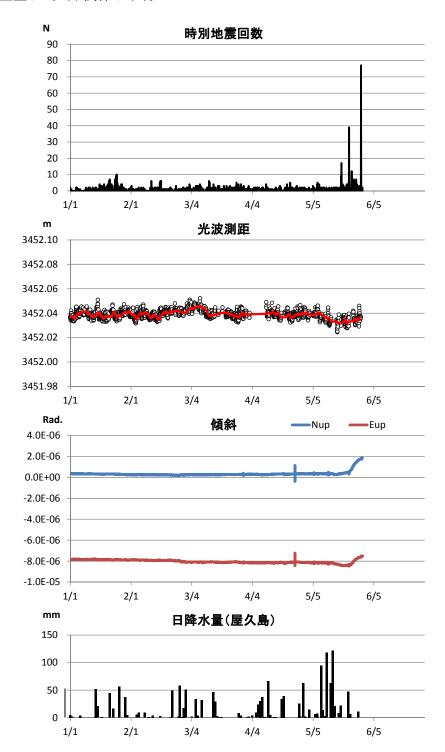


図 3 2015 年 1 月から 5 月の活動. 上から時別地震回数, 光波測距による斜距離と 24 時間平滑, 傾斜記録, および日降水量 (屋久島).

# ALOS-2/PALSAR-2SAR 干渉解析による 口永良部島の地殻変動

#### 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。

火山噴火予知連絡会衛星解析グループ経由では、2015 年 5 月 29 日の口永良部島の噴火発生を受け緊急観測を要求し、噴火発生約 3 時間後には撮像が、さらに 1 時間後には当該データの共有が行われた。このため、気象研究所では、噴火発生 6 時間後には、緊急観測のペアについて干渉解析結果を得ることができた。本報告では、過去のアーカイブデータを含め、口永良部島における地殻変動及び地表変化について報告する。

## 1. 干渉解析の結果

解析を行った干渉ペアを表1及び図1に示す。2014年9月から2015年2月にかけて、山頂付近で衛星視線方向伸張の位相変化が認められる(図1-②)。また、2015年5月の噴火直近のペア(図1-④)で、新岳の北側及び古岳の東側において、衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。さらに、噴火前後のペア(図1-⑤と⑥)では、新岳山頂部周辺において噴火に伴う顕著なコヒーレンス低下(非干渉領域)が認められるが、古岳の東側では、衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。なお、いずれも対流圏遅延補正などをしていないため、ペアによっては1cm程度の見かけ上の位相変化が残存している可能性を含む。

Path-Frame	軌道方向	照射方向	データ 1	データ 2	図番号
131-600	北行	右	2014.08.19	2014.09.02	<b>図</b> 1−①
			2014.09.02	2015.02.03	<b>図</b> 1−②
			2015.02.03	2015.03.03	<b>図</b> 1−③
			2015.03.03	2015.05.26	図 1-④
					<b>図 2-①</b>
28-2970	南行	左	2014.11.14	2015.05.29	<b>図</b> 1−⑤
					図 2-②
					図 3
126-630	北行		2015.01.23	2015.05.29	<b>図</b> 1−⑥
					፟ 2−③

表 1 干渉処理に使用したデータ

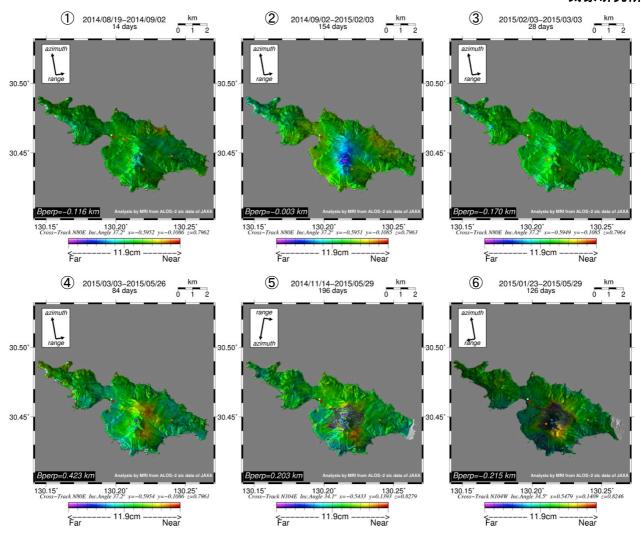


図 1 口永良部島における干渉解析結果

②の期間で山頂付近に最大 3cm 程度の衛星視線方向伸張の位相変化が認められる。④の期間で新岳の北側及び古岳の東側に最大 5cm 程度の衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。また、⑤及び⑥の期間(噴火前後のペア)では、山頂付近に非干渉領域が認められるほか、古岳の東側に最大 5cm 程度の衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。図中の丸印は GNSS 観測点(橙:気象庁、赤:国土地理院、青:産業総合研究所、黄:京都大学防災研究所)を示す。

## 2. 相関画像解析の結果

ALOS-2/PALSAR-2 は、高精度の軌道情報を有しており、干渉処理の重要な要素である垂直軌道間距離( $B_{perp}$ )は、概ね 1km 未満であることが多い。このため、時間経過によるコヒーレンス低下を除けば、撮像範囲における全面干渉の可能性は非常に高くなった。にもかかわらず、コヒーレンスの低下が生じている場合は、二時期の撮像期間中に地表の状況が大きく変化したなどの要因が考えられる。噴火直前(図1-④)と噴火前後(図1-⑤⑥)についての相関画像を図2に示す。その結果、2015年5月噴火前のペアでは比較的よく干渉が保たれていた山頂部において、有意なコヒーレンスの低下が認められた。この原因は、火砕流や火山灰の降下、または噴火そのものによって大きく地形が変化した可能性を示唆している。

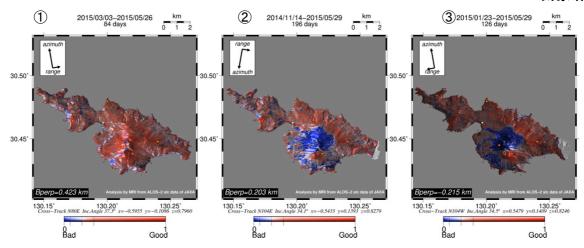


図2 口永良部島におけるコヒーレンス(相関)解析結果

①(噴火前のペア)の期間において、比較的高い相関が認められる山頂付近について、②や③(噴火前後のペア)の期間では、有意に相関が低くなっていることが分かる。これらのコヒーレンス低下領域は、図1の干渉解析結果で非干渉領域となっている領域とよく一致していることが分かる。図中の記号は図1と同じ。

# 3. 強度画像解析の結果

噴火前後の強度画像(図 1-⑥)について、新岳火口近傍の比較を行った(図 3)。 この結果、2015 年 5 月の噴火によって、火口が拡大した様子が分かる。

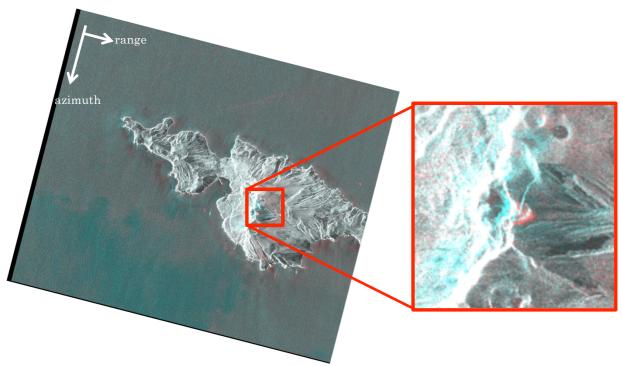


図3 口永良部島新岳火口周辺の強度画像変化(R:2015/5/29、G:B:2014/11/14) 噴火前後において新岳火口周辺が変化している様子が分かる。 謝辞

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。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)を使用した。ここに記して御礼申し上げます。

## 2015年5月29日口永良部島噴火時における気象レーダーによる噴煙観測結果

口永良部島の噴火に伴う噴煙エコーの観測結果から、以下のことが分かった。

- ・噴火直後(10 時頃)から約 10 分間、口永良部島近辺の大気下層でエコーが広がる様子が見られた。このエコーは火砕流から立ち上る灰かぐらに対応するエコーを含んでいる可能性がある。
- ・10 時 10 分頃までに、エコー頂は海抜約 10.4km(火口縁上約 9.8km)まで達していた。
- ・その後、噴煙エコーは口永良部島の南東方向に広がり、その一部は屋久島上空に達した。

(エコー頂と噴煙高度の関係については、更なる解析が必要である。合成エコー頂は過大になることがある。)

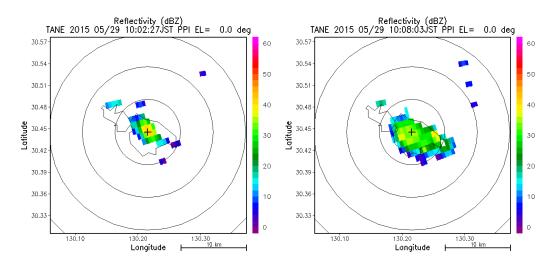


図1:2015年5月29日10時2分及び10時8分の種子島レーダー(仰角 $0.0^{\circ}$ 、口永良部島付近では火口直上の高度に相当)による反射強度PPI(同心円は、山頂を中心に内側から5km、10km、15km を表す)

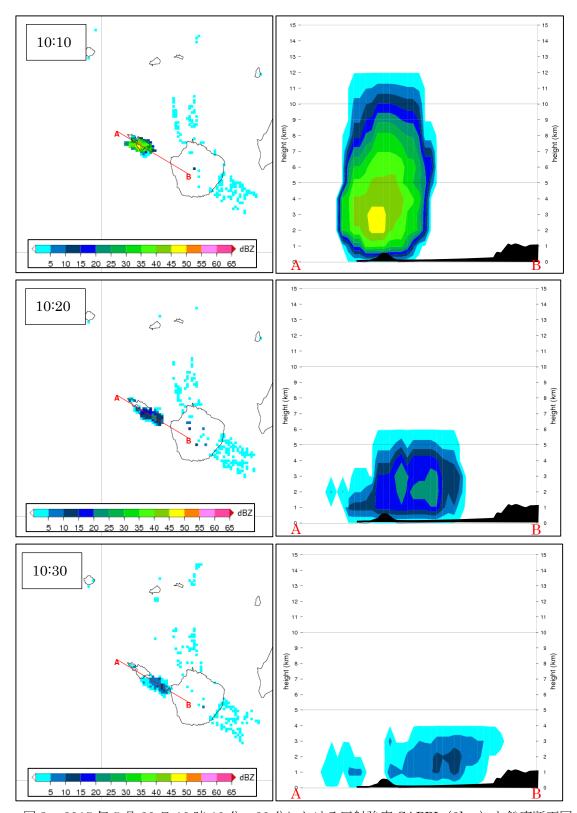


図 2:2015 年 5 月 29 日 10 時 10 分~30 分における反射強度 CAPPI (2km) と鉛直断面図

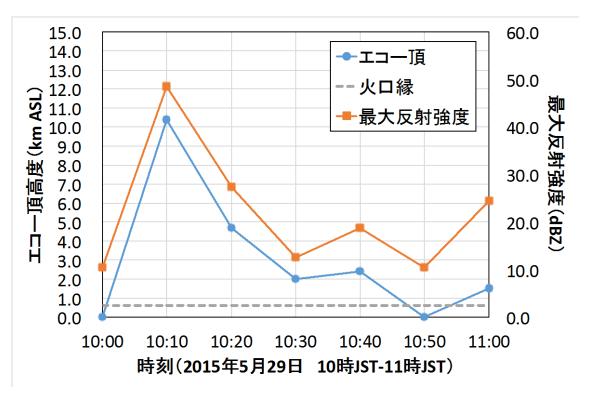


図3:2015年5月29日10時から11時におけるエコー頂(合成)高度(km ASL) 及び反射強度の最大値(dBZ) (点線は火口縁の高度で、約600m ASL とした。)

※ 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。

#### 気象衛星による口永良部島噴火の噴煙の移流高度の推定結果

口永良部島の噴火に伴う噴煙の気象衛星ひまわりの観測結果から以下のことが分かった。

- ・噴煙の移動速度は南東方向におよそ13~14m/s程度であった。
- ・気象庁メソ解析の風向風速と比較し、噴煙の移流高度はおよそ 8km 付近と推測された。 (5月29日09時の高層観測による圏界面高度は、鹿児島及び名瀬で約18kmであった)

#### 1. 概 要

気象庁が運用する運輸多目的衛星ひまわり7号(以下、MTSAT-2)において、2015年5月29日09時59分に発生した口永良部島の噴火の噴煙を観測した。

赤外差分画像 (赤外 1 (10.3-11.3  $\mu$  m)と赤外 4 (3.5-4.0  $\mu$  m)の輝度温度差)を用いて、噴煙の移動速度を見積もることにより噴煙が流されている高度を推定した。

#### 2. 移流高度の推定結果

図1に5月29日11時、11時30分及び12時の赤外差分画像を示す。噴火発生から約1時間後の11時には、噴煙は屋久島の上空に広がっているが、さらに1時間後の12時には、噴煙は屋久島の南南東〜東の海上に広がっている。11時に比べると12時の噴煙は南北方向の広がりが拡大しているが、これは高度によって風向きが異なり噴煙が流される方向が異なるためと考えられる。図1右図の赤矢印は、移動速度の算出に使用したベクトルを示す。これより、噴煙の南東方向への移動速度はおよそ13~14m/s 程度であると見積もられた。

一方、図 2 は、気象庁メソ解析による口永良部島付近の上空の風向・風速である。上述した噴煙の移動速度と比較すると、メソ解析では、噴煙が屋久島上空を通過していく 12 時頃において高度 8km で北西の風 13.4m/s であり、この高度以外に上述の噴煙の移動速度と対応のよい高度がないことから、南東方向に流れる噴煙は高度 8km 付近の風によって流されていたと推定される。

なお、試験運用中のひまわり8号のデータを用いて、試験的に上述と同じ解析を試み、同様の 推定結果が得られた。

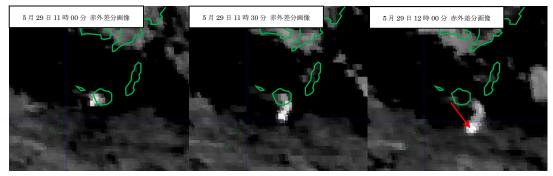


図1. MTSAT-2 による赤外差分画像。左図は 2015 年 5 月 29 日 11 時 00 分、中図は同日 11 時 30 分、右図は 12 時 00 分のもの。各図中央付近の白い影が噴煙と考えられる。右図の赤矢印は 11 時 00 分から 12 時 00 分の南東方向への噴煙の移動ベクトルを示し、このベクトルから噴煙の移動速度を見積もった。

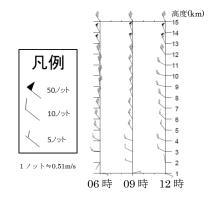


図2.2015年5月29日06時から12時の3時間毎の口永良部島の上空の風向・風速 (気象庁メソ解析)。矢羽で風向及び風速 を示す

噴煙が屋久島上空を通過した 12 時では、 高度 8km 付近で北西の風 13.4m/s となっ ている。

#### 3. 移流拡散シミュレーションによる噴煙高度の推定

図 3 の黄矢印で示すように、噴煙の北端付近についても、前述の方法と同様にして噴煙の移動速度を求めたところ、東南東におよそ 11 m/s 程度で流されていると見積もられた。メソ解析の 12 時の風と比較すると、高度およそ 4 km 付近と  $9 \sim 10 \text{km}$  付近に対応する風向・風速があり、どちらの高度で噴煙が移流しているのかは明瞭ではない。

そこで、航空路火山灰情報(VAA)で使用している気象庁全球移流拡散モデル(JMAGATM)を用いて噴煙の移流シミュレーションを行った。実験の設定は、5 月 29 日 10 時から 10 時 30 分にかけて口永良部島の火口から高度 10km において噴煙の放出が続いたと仮定した。

シミュレーションの結果(図 4)が示すように、噴火 2 時間後において、噴煙の分布は屋 久島の東〜南東に広がり、噴煙の高度分布は南端で高く、北端で低くなっている。北端の高度は、およそ 4km 付近であり高度  $9\sim10km$  の噴煙は屋久島の南東方向に分布している。このシミュレーション結果から、口永良部の上空  $9\cdot10km$  付近で放出された噴煙は、衛星観測(12 時)による噴煙の北端域と対応せず、口永良部の上空 4km 付近で放出された噴煙と対応が良いことがわかった。このことから、噴煙の北端域は高度 4km 付近の風に流されていたと推測された。

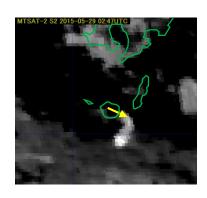


図3. MTSAT-2 による 5 月 29 日 12 時の赤外差分画像。黄矢印は 11 時 00 分から 12 時 00 分の東南東方向への噴煙の移動ベクトルを示し、このベクトルから噴煙の移動速度を見積もった。

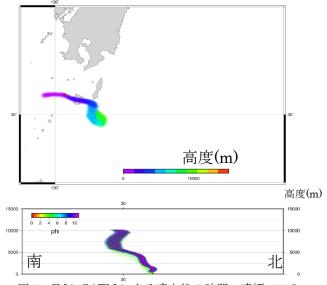


図4. JMA-GATM による噴火後2時間の噴煙のシミュレーション結果。上図は水平分布、下図は南北断面図を表す。赤三角(▲)は、口永良部島の位置を表す。