

SARデータによる地殻変動解析および地殻変動データに基づく 力学的モデリングに関する研究（第10年次）

実施期間	平成22年度～令和元年度
地理地殻活動研究センター	
地殻変動研究室	小林 知勝 矢来 博司 山田 晋也

1. はじめに

地殻変動研究室では、測量により得られた地殻変動を分析し、地震や火山活動の仕組みを解き明かすための研究を行っている。SAR干渉解析は、地上に観測点を設置することなく広域の地表変位をcmレベルの精度で計測できることから、地殻変動観測にとって有力な手段の1つである。本研究では、地震などの発生メカニズムの解明を目指して、国内外のSARデータ解析を通じた変動源の定量的モデリングおよび地殻変動観測・解析技術の高度化に関する研究を遂行する。

2. 研究内容

本研究は、SAR干渉解析により、国内外で発生した大規模な地震・火山活動に伴う地殻変動の空間分布を広域かつ詳細に抽出し、変動源の定量的なモデリングを行い、推定されたモデル及び地震学/火山学的考察の下に発生メカニズムの解明を目指すことを目的としている。また、SARデータに適合したモデリング手法の開発・改良を行う。さらに、東海・東南海・南海地震発生域などを対象にした、地震間の歪蓄積過程に伴う経年的な地殻変動の検出の試みも行う。令和元年度は、アメリカ・カリフォルニア州の地震及び硫黄島の火山活動に伴う地殻変動を、ALOS-2衛星のSARデータを用いたSAR干渉解析により抽出し、その変動源モデルの構築を行った。

3. 得られた成果

3.1 2019年7月6日アメリカ・カリフォルニア州の地震に伴う地殻変動検出

2019年7月6日にアメリカ・カリフォルニア州で起きたマグニチュード7.1の地震に伴う地殻変動を検出するため、ALOS-2データを使用したSAR干渉解析を実施した。解析には、南行右観測及び北行右観測の軌道から撮像した広域観測モードのデータを使用した。解析で得られた干渉画像には、北西-南東方向に帯状に広がる広域の地殻変動が見られるほか、本震の2日前に発生したマグニチュード6.4の地震に伴うものとみられる局所的な地殻変動も見られた(図-1)。北西-南東方向に帯状に広がる地殻変動域の中心付近には、長さ約40kmに延びる変位の不連続が見られた。さらに、局所的な変位の不連続も複数確認でき、南東端では不連続が分岐している様子が捉えられた(線A-B, 線C-D)。このほかにも、北東-南西走向の断層の左横ずれ滑りによるものとみられる変位不連続も見られた(線E-F)。今回の観測では、北行及び南行軌道における右観測が行われたことから、さらに準東西・準上下成分の変位を求めた(図-2, 図-3)。この解析では、震源領域を広くカバーする2017年8月12日と2019年7月13日のペアによるSAR干渉画像と2019年4月2日と2019年7月23日のペアによるSAR干渉画像を用いた。前記の約40kmにわたる変位の不連続を境に、東西変位はその成分を変えており、北西-南東走向の断層における右横ずれ運動と調和的であることがわかる。この解析により、準東西成分では断層の近傍で約100cmの変位が、準上下成分では約30cmの変位が計測された。

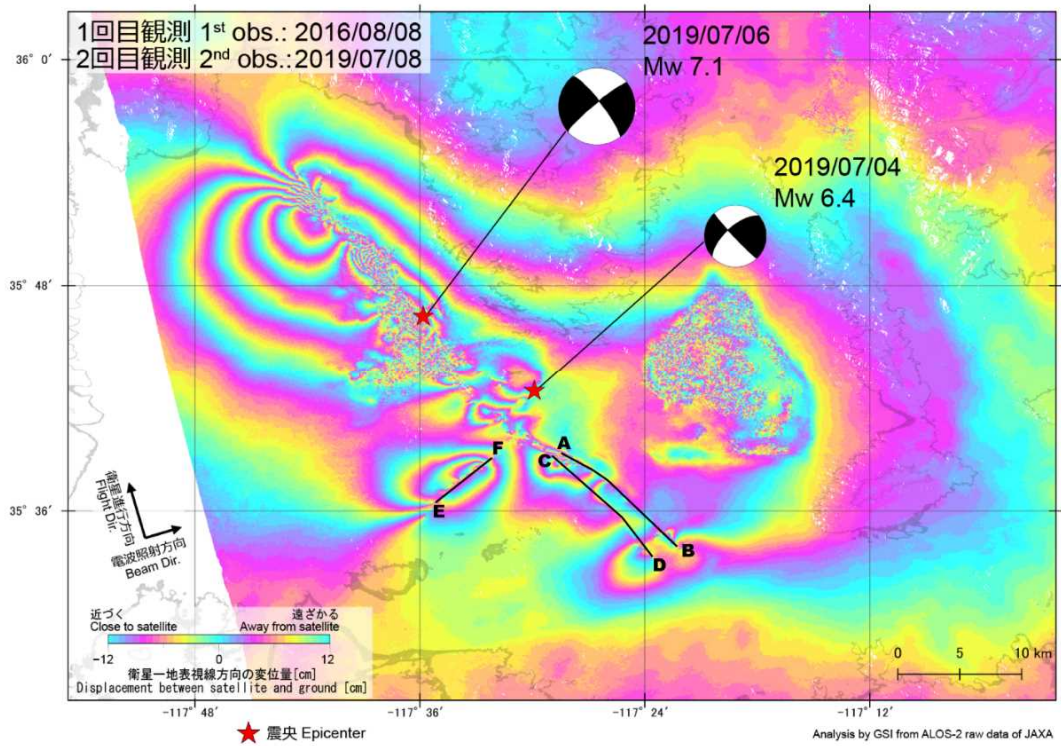


図-1 2019年アメリカ・カリフォルニア州の地震に伴う地殻変動を示した干渉 SAR 画像.

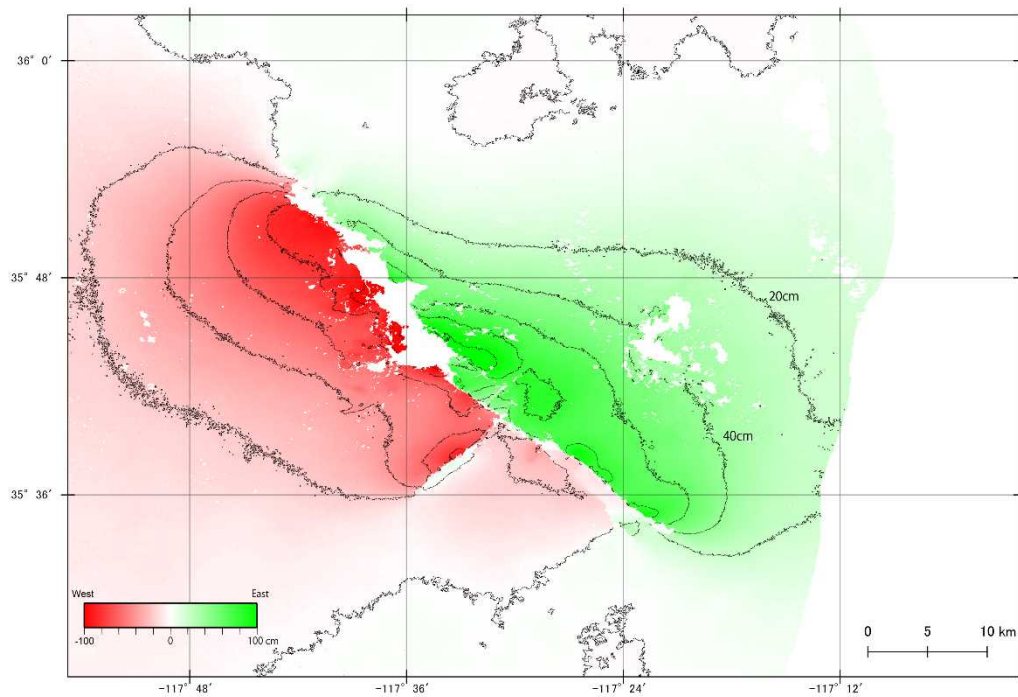


図-2 2019年アメリカ・カリフォルニア州の地震に伴う地殻変動の準東西成分.

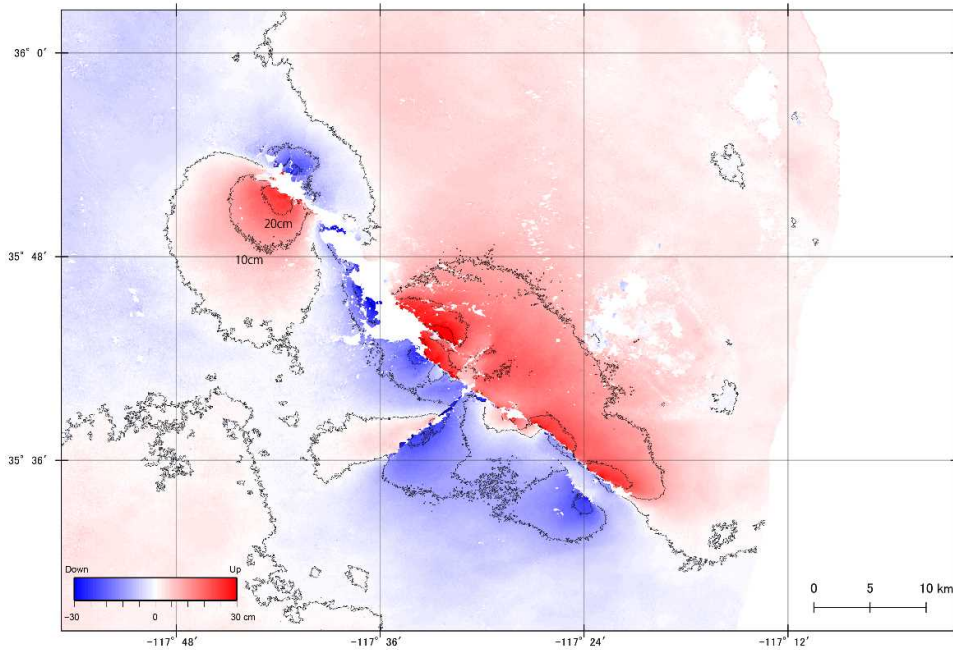


図-3 2019年アメリカ・カリフォルニア州の地震に伴う地殻変動の準上下成分.

3.2 2019年硫黄島の火山活動に伴う地殻変動検出と地殻変動源モデルの構築

2019年10月頃から活発化した硫黄島の火山活動に伴う地殻変動を検出するため、ALOS-2 データを使用した SAR 干渉解析を実施した。解析には、北行右観測の軌道から撮像した2019年8月22日と2019年10月20日の画像ペアを使用した。観測モードは高分解能（3m）である。解析の結果、干渉画像には、従来から観測されている元山付近の収縮とみられる変動に加えて、硫黄島東部において隆起とみられる大きな変動が検出された（図-4a）。この地殻変動データを基に、クラックモデル（矩形一様開口）を推定した。干渉 SAR データは電子基準点「硫黄島2」を基準として位相連続化した。またモデル計算には、「硫黄島2」を固定局として算出した GNSS による変位データも使用した。ここでは、干渉 SAR 画像から得られた地殻変動の空間分布を基に、元山の変動を説明するクラック（C1）と東部の変動を説明するクラック（C2）を仮定した。C1 は、走向角 45°のシル（傾斜角 0°）を仮定し、元山周辺の深さ 0-5km の範囲を探索した。一方、C2 は、走向角 225°の北西に傾き下がるクラックを仮定し、硫黄島東部沿岸域から海域に及ぶ範囲（東経 141.31°-141.33°、北緯 24.78°-24.80°）を深さ 0-5km の範囲で探索した。解析の結果、表-1 に示す力源パラメータが得られた。C1 は、元山直下約 2km の深さで約 1m 閉口（収縮）するモデルが最適として求められた。一方、C2 は、硫黄島南東部沖に北西に低角で傾き下がり約 2m 開口するモデルが求められた。

表-1 推定したクラックモデルの各パラメータ

	経度 [°]	緯度 [°]	深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]	開口量 [m]
C1	141.326	24.789	2.4	2.8	2.7	45 (固定)	0 (固定)	-1.0
C2	141.355	24.774	2.1	4.6	1.9	225 (固定)	22	2.2

※1 位置はクラックの中心

※2 開口量の負符号はクラックの閉口（収縮）を示す

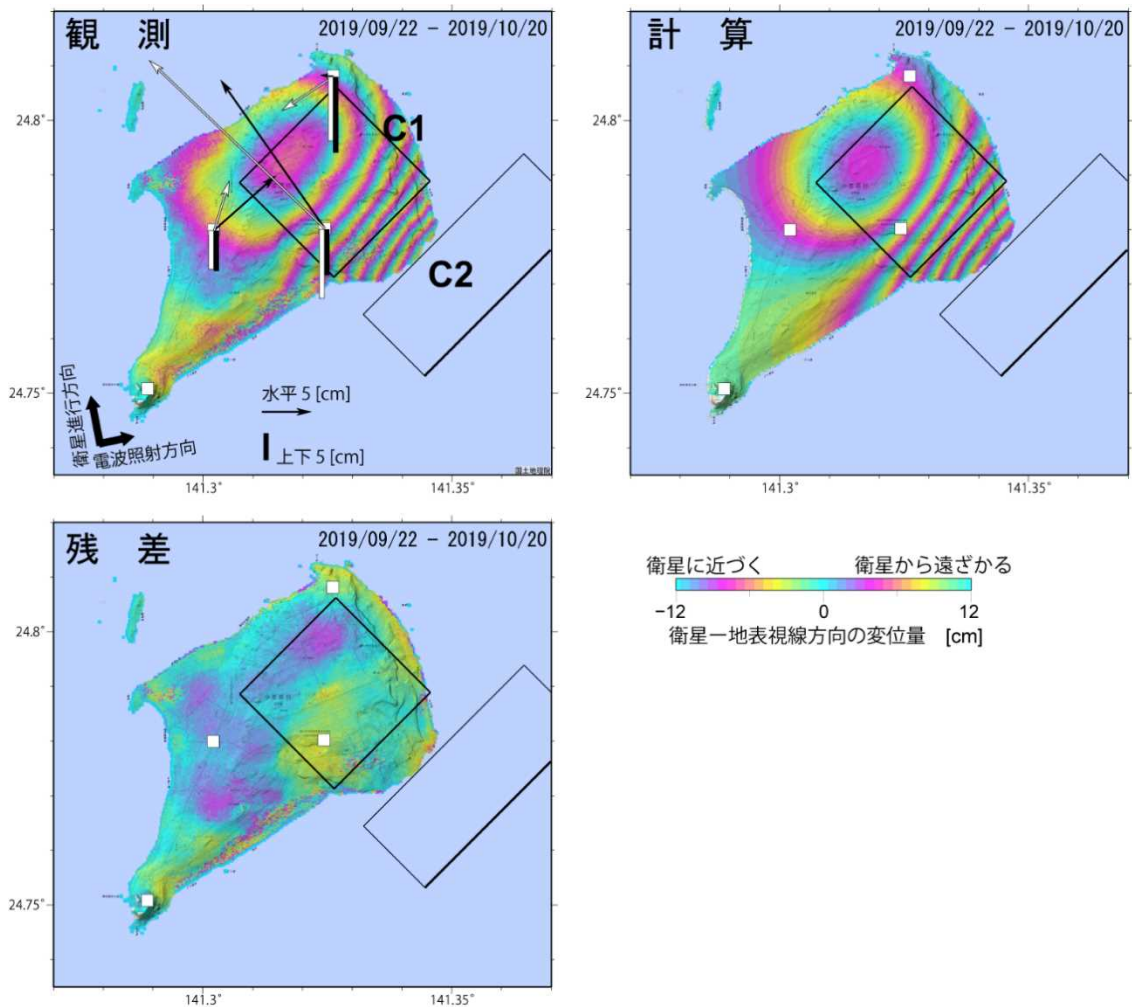


図-4 2019年硫黄島の火山活動に伴う地殻変動を示した干渉 SAR 画像。(左上)観測。(右上)モデル計算。(左下)残差。矩形はクラックの地表への投影位置を示し、太線は上端を示す。

4. 結論

ALOS-2データを用いた干渉SAR解析により、2019年アメリカ・カリフォルニア州の地震に伴う地殻変動を捉えた。地殻変動は北西-南東方向に帯状に広がり、その中心付近には長さ約40kmに延びる変位の不連続がみられた。得られた地表変位は、北西-南東走向の断層における右横ずれ運動と調和的であった。また、硫黄島の火山活動に伴う地殻変動をALOS-2データを用いた干渉SAR解析により捉えた。解析の結果、従来から観測されている元山付近の収縮とみられる変動に加えて、硫黄島東部において隆起とみられる大きな変動が検出された。モデル計算の結果、元山直下約2kmの深さで約1m閉口(収縮)するクラック及び南東部沖に北西に低角で傾き下がり約2m開口するクラックが推定された。

謝辞

本研究で用いたALOS-2データは、地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループ(地震WG)及び火山噴火予知連絡会衛星解析グループ(火山WG)を通じて、(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)から提供を受けた。原初データの所有権はJAXAにある。