

# 地殻変動計測のためのSAR画像分析の高度化に関する研究（第2年次）

実施期間 平成19年度～平成21年度  
地理地殻活動研究センター  
地殻変動研究室 飛田 幹男

## 1. はじめに

SAR干渉解析（InSAR）のアルゴリズムは、SARセンサーの諸元、及び地殻・地盤変動現象（地震、火山活動、地盤沈下）の特性に適合するものが必要とされる。このため、アルゴリズムを柔軟に変更できるよう独自でソフトウェアを開発することが重要である。国土地理院がNASAのジェット推進研究所（JPL）と共同で開発を始めたソフトウェア“GSISAR”は、当初JERS-1衛星のSAR干渉解析を対象にし、その諸元に適合するよう改善が加えられ、兵庫県南部地震、サハリン北部地震、鹿児島県北西部地震、岩手山地震に伴う地殻変動等を画像として捉えて、多くの実績をあげた。その後、ALOS PALSARセンサーへの適合化の取り組みが開始され、GSISARの実行形式プログラムを核とする日本語GUIによる制御を取り入れた“新GSISAR”（初版）が、平成16年、宇宙測地課により実現した。平成18年にはALOSが打ち上げられ、GSISAR及び新GSISARは密接な整合・連携が図られつつ逐次改良が加えられている。平成19年度には、能登半島地震、新潟県中越沖地震、スマトラ島南部沖地震等の際に地殻変動分布図を提供し、これらを基に作成された震源断層モデルを通して、地震像の解明や地すべりの研究などに貢献した。

## 2. 研究内容

本研究では、ALOSに搭載されたLバンドSARセンサーPALSARの諸元、及び地殻変動計測に適合した解析ソフトウェアの開発・改良を行うとともに、SAR画像分析手法の高度化を行う。

なお、特別研究「正確・迅速な地盤変動把握のための合成開口レーダー干渉画像の高度利用に関する研究」（平成20～22年度）、特別研究「SAR衛星の位置情報の高精度化を通じた地盤変動抽出の高度化に関する研究」（平成19～21年度）と本研究が連携することで、SAR分析や干渉画像利用の高度化を推進している。

## 3. 得られた成果

### 3. 1 解析アルゴリズムの改良による残存干渉縞の軽減

地殻変動計測を目的としたSAR干渉解析処理では、地殻変動以外の要因による干渉位相（干渉縞）を取り除くのが主要な工程である。地殻・地盤変動を示す変動縞以外の干渉縞として、軌道縞、地形縞、大気縞、電離層縞、ドップラー縞等があり、これらをここでは、残存干渉縞または残存縞と呼ぶ。従来は、残存縞の原因を主に衛星軌道（軌道縞）に求めて基線再推定を行うことで、残存縞を除去してきた。JERS-1では、衛星軌道情報の精度が高くなかったため、この方法は妥当かつ有効であった。ただし、基線再推定を行う際には、干渉画像中の少なくとも3箇所、地殻変動量が既知である（または、地殻変動がないと仮定する）必要があった。

ALOSの軌道情報の内、数10cm精度のALOS高精度軌道情報を基に計算すると、従来より正確に軌道縞と地形縞を除去できる可能性が生じた。昨年度は、基線ベクトル計算、軌道縞除去、地形縞計算における地球半径の計算精度を上げることで、残存縞の軽減に成功した。これを残存縞軽減のためのアルゴリズム1と呼ぶ。今年度は、アルゴリズム2を開発することで、さらに残存縞を軽減することができた（図-1）。

まず、地球楕円体面上のターゲットへのオフナディア角 $\theta$ を求めるアルゴリズムに近似不足があることを見出した。従来、衛星-地表間の距離 $\rho$ と衛星高度から第2余弦定理を用いて解析的に $\theta$ を計算していたが、今回、 $\rho$ 、 $\theta$ 、衛星進行方向からのビーム中心がなす角 $\phi_{sq}$ の3つの条件を満たす点を地球楕円体面上に見つけるシミ

ュレーションを軌道縞計算に採用した（図-2）。一方，地球楕円体面の代わりに地表面を用いシミュレーションにより地形縞は計算されるため，これら2つのシミュレーションは同時に行うのが効率的である。つまり，DEMを基に地形縞位相をシミュレートする際に，同時に軌道縞を高精度にシミュレートすること（これをアルゴリズム2と呼ぶ）で，残存縞を軽減することができた。

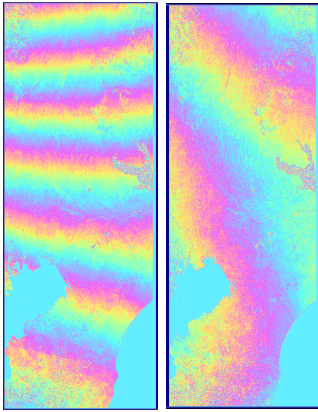


図-1 残存縞軽減アルゴリズム2採用前（左）と採用後（右）のSAR干渉画像

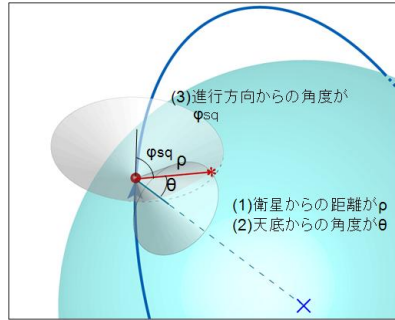


図-2 アルゴリズム2による干渉画像シミュレーションの条件

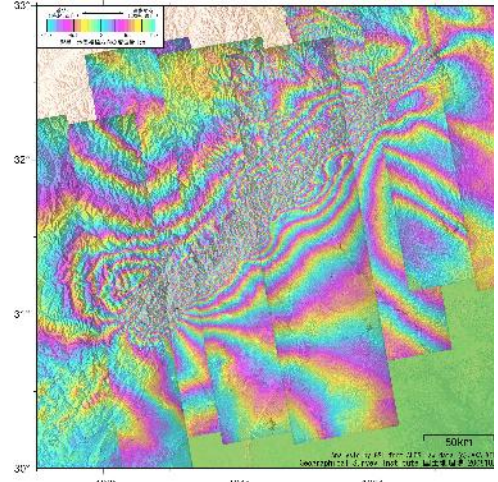


図-3 平成20年5月12日に発生した四川大地震に伴う地殻変動分布を示すSAR干渉画像（アルゴリズム1+2を採用）

### 3. 2 解析プログラムの改良

上記の残存縞軽減以外のSAR画像分析の高度化として，干渉解析処理ソフトウェア“GSISAR”を構成するプログラム群の開発・改良を行っており，主なもの3つを以下に挙げる。

slave座標系やsimulation座標系のSAR画像を，master座標系に変換するプログラム“tomaster.c”と“tomasterCoefIn.c”について，サブピクセルレベルのリサンプリングを行う手法をBilinearからBiCubicに変更した。複素数データのリサンプリングを行う際には，Bilinear補間では原理的に規則的な強度差が生じることが判明したからである。

ピクセルオフセットによる地殻変動計測において，地形の効果を補正する手法を高度化するため，標高に応じたフォアショートニングによる位置ずれを考慮しつつ，有効対応点をえり抜くプログラム“cullaffine\_topo.c”を作成した。また，干渉画像作成後に軌道縞+地形縞を差し引く従来の差分干渉法に代わり，干渉画像作成時に軌道縞+地形縞を差し引く“interfero\_topo.c”を開発した。試用結果が良好なら，新GSISARへの組み込みを検討したい。

### 4. まとめ

ALOS高精度軌道情報を用いても消えない残存縞について調査を行ない，解析アルゴリズムの改良を行った結果，残存縞が有意に軽減された。残存縞の軽減は，より正確な地殻変動計測に寄与するとともに，干渉処理の高速・自動化，離島や広域での地殻変動計測にも有効である。

また，干渉解析ソフトウェアの個々のプログラムを改善することで，解析精度と実用度を高めた。本研究の成果は，平成20年に発生した岩手・宮城内陸地震，四川大地震（図-3）に伴う地殻変動の面的な把握に貢献した。