干渉 SAR 解析技術の高度化に関する研究(第1年次)

実施期間 平成 18 年度

測地部宇宙測地課 和田 弘人 雨貝 知美

藤原 みどり

地理地殻活動研究センター

地殼変動研究室 飛田 幹男 矢来 博司

企画部 藤原 智

1. はじめに

国土地理院は、1994年以降、合成開口レーダー(SAR)のデータを用いた定量的な地殻・地盤変動計測の実利用に向けて、解析手法ならびにそれらに必要なソフトウェアの研究開発を行ってきた。その結果、今日まで地震・火山による地殻変動や(村上ほか、1995)、地盤沈下(中川ほか、1999;藤原ほか、2005)など、地表の変動現象を様々なスケールで捉えることに成功してきた。

これらの研究開発の成果を基に、平成16年度からの第六次長期基本測量計画では、高精度地盤変動測量として、2006年1月24日に宇宙航空研究開発機構(JAXA)により打ち上げられた陸域観測技術衛星"だいち"(ALOS)のLバンド合成開口レーダー(PALSAR)を用いて、干渉SARの技術を一般的な測地測量のツールとして利用することが提示されている。これに併せて測地部は、干渉SAR解析を定常業務とする部門として、宇宙測地課に地球変動観測係を設置した。宇宙測地課では、それまで地理地殻変動研究センターで設計・開発が進められてきた干渉SARのための統合的なデータ処理・解析システムを引き継ぎ、PALSARデータの定常利用に向けて改良を行ってきた。

本報告では、データ処理・解析システムの概要とともに、これまでに得られた干渉 SAR 解析の成果 を紹介する. 最後に、今後のシステムの課題について述べる.

2. PALSAR データ処理・解析システムの概要

国土地理院には、JAXA との共同研究に基づいて、日本国内全域及び世界の地殻変動地域に該当する領域全てのLO形式フォーマットデータ(LOデータ)が提供される.

提供される L0 データは、一般ユーザーが入手するシーン単位の形式ではなく、ALOS から地上局に送られてくる受信信号に近い、低次レベルのデータである。このため、最初に PC 上で扱うための、ファイルシステム形式への変換が必要となる。また、L0 データは、1 回の観測において ALOS のセンサが起動してから終了するまでの、連続した集合データ(ダウンリンクセグメント)であり、一つのダウンリンクセグメントには、数~数 100 シーンのデータが含まれている。このため、ダウンリンクセグメントを、個々のシーン単位に切り出した 1.0 形式フォーマットデータ(1.0 データ)へ変換する必要がある。これらの処理を行うと同時に、観測データならびに衛星軌道情報をデータベースに登録するまでの処理工程を「前処理」と言う。これらを実行するシステムは「前処理システム」と呼ばれ、図-1 の赤枠内にあるサーバ群で構成される。

L1.0 データは、シーン単位に切り出されたデータであるが、依然としてセンサの受信信号のままである。これに信号圧縮処理を行い画像化する(再生処理)ことで、干渉処理のための強度・位相画像となる。このデータを用いて干渉 SAR の解析を行い、最終的に経緯度情報を付与(ジオコード)した

成果物を作成するまでの処理工程を「高次処理」と言う.これを実行する「高次処理システム」は,図-1の青枠に示すとおり,各々が独立した装置の集合体であり,その中心は干渉処理ソフトウェアの "新 GSISAR"である.本ソフトウェアは,地理地殻活動研究センターが中心となり開発してきた,コマンドラインベースの JERS-1/SAR 用のソフトウェア "GSISAR"の機能を改良し,PALSAR データの処理も可能としたものである.さらに,GUI を実装することで,解析担当者が容易に解析を実行できるよう操作性を向上させている.

前処理システムと高次処理システムは、それぞれ独立したシステムとなっている。そのため、これらを結ぶシステムとして、「高次処理支援システム」がある。高次処理支援システムは、前処理システムから各高次処理解析装置へのデータ配信を行う。また、各々が独立して機能する高次処理解析装置をネットワークにより束ね、高次処理システム全体の稼働状況の監視と、過去の干渉処理情報を管理する。

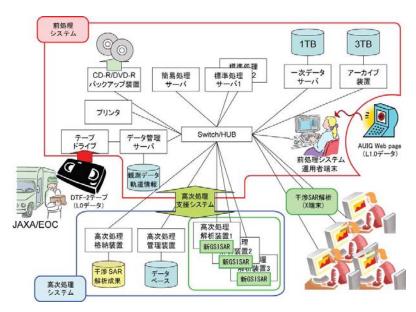


図-1 ALOS/PALSAR データ処理・解析システム全体図

これらの処理・解析システムは、PALSAR データの定常利用を想定して、ALOS 打ち上げ前から開発を行ってきたものである。2006年1月24日にALOS が打ち上げられたことをうけ、その後の校正検証期間中には、PALSAR の試験観測データを用いた動作確認及び解析成果の検証が可能となった。これらの結果を踏まえ、処理時間の短縮化及び解析結果の高精度化を図り、処理・解析システムのさらなる改良を行った。特に、干渉処理ソフトウェア(新GSISAR)では、処理アルゴリズム等の検討により、大きな改善が見られた。

4. 国土地理院の干渉 SAR 解析とその成果

宇宙測地課では、高精度地盤変動測量として、防災・災害状況把握のための地殻・地盤変動の監視を目的として、PALSARデータを用いた干渉 SAR による定常解析及び緊急解析を実施している。これらの解析は、第六次長期基本測量計画に基づき、高精度地盤変動測量に位置づけられる。このうち、定常解析では、発生場所がある程度特定され、中~長期間継続する変動を示す地盤沈下・火山活動等の監視を行う。そのほか、地震・火山噴火や地すべり等の自然災害の発生時には、その周辺領域の緊急解析を実施し、被害地域の分布推定や、断層位置・地すべり等の把握に努める。これらの定常解析及

び緊急解析の成果は,随時,一般ユーザーに向けて提供・公表していく予定である.

ALOS は、打ち上げ後の校正検証期間を経て、2006 年 10 月 24 日に定常運用を開始した。この間、宇宙測地課と地理地殻活動研究センターでは、ムラピ山(インドネシア)・桜島・十勝岳・箱根山・硫黄島・口永良部島・シムシル島(千島列島)などを対象に、防災対応として緊急観測解析を実施してきた。

この内, 硫黄島の解析成果は,第105回火山噴火予知連絡会に提出され, ALOS の定常運用監視以降, 対外的に初めて公表された(国土地理院ほか,2006).この時公表した成果は,他の観測手法では得られることのできない,島全体の動きを捉えており,噴火の可能性を示唆するなど,防災面における干渉 SAR の有効性を示した.さらに,その後の解析では,硫黄島西側に位置する阿蘇台断層に沿った変動を捉えた(図-2).この成果についても火山噴火予知連会に提出し,対外的に大きく公表されることとなった(防災科学研究所ほか,2007).また,2007年3月25日に発生した平成19年(2007年)能登半島地震についても,災害状況の把握を目的として,緊急解析を実施し,成果を公表した(図-3)(国土地理院,2007).この成果は,広範囲の変動を捉えると共に,地すべりなどの局所的な地表面の変化を捉えることに成功し,基準点の改測などの復興作業を行う上で,重要な情報となることが示された.これらの成果からも明らかなように,防災・災害状況の把握のために干渉 SAR は強力なツールとして,認識されつつある.

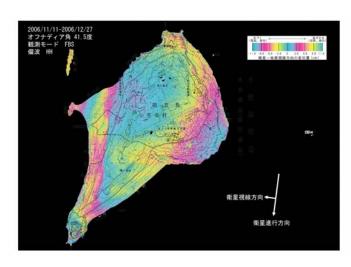


図-2 硫黄島の衛星データによる地殻変動解析結果 ALOS/PALSAR データを用いた干渉 SAR 画像

(観測日:平成 18年11月11日,平成18年12月27日)

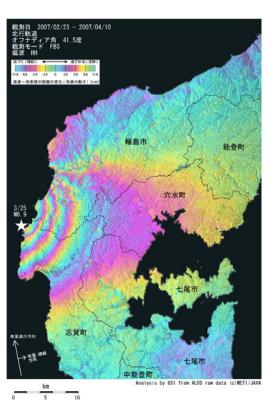


図-3 平成19年(2007年)能登半島地震 に伴う地殻変動解析結果

ALOS/PALSARデータを用いた干渉 SAR画像 (観測日:平成19年2月23日,平成19年4月10日)

4. 今後の課題

国土地理院はこれまでに、PALSAR データの定常利用を想定した処理・解析システムの開発・改良を行ってきた.これらのシステムは、設計当初の性能と機能を満たし、運用が開始されている.

一方で、定常運用に移行した現在、計画初期の予想を超える観測データの供給量から、将来の運用面の課題も浮かび上がっている。今後数年間、ALOSの観測が継続し、観測データが膨大なものになるにつれ、確実に現在の処理・解析システムのボトルネック部分に限界が訪れる。これについては、今後も引き続き、高次処理システムの高度化、特に干渉処理ソフトウェア(新 GSISAR)の自動化・高速化を進める必要がある。また、現在のシステムでは未整備である、解析成果のデータを保管・管理する機能の追加とこれをサポートする大容量のサーバの整備も急がれる。

処理・解析システムの改良に加え、干渉 SAR 解析のさらなる精度向上にも努めなければならない. そのためには、cm レベルの変化量を確実に捉える上で最大の誤差要因となる、大気の影響を低減する手法の研究が必要となる。また、干渉 SAR 解析では、変化量の絶対値は求められないことから、広域に整合した変化量の絶対値が求められる GEONET の成果との融合が必要となる. これらの研究は、藤原ほか(1999)や飛田ほか(2005)等によって続けられてきたが、面的に捉える干渉 SAR との空間分解能の違いから、実利用までには至っていない. 今後、これらの研究の発展は、最終的な目標である地盤・地殻変動地図を作成する上で、また国土地理院で干渉 SAR を行うことの強みとして重要な要素となる.

参考文献

- 村上亮,藤原智,斎藤隆(1995):干渉合成開口レーダーを使用した平成7年兵庫県南部地震による地 殻変動の検出,国土地理院時報,No.83,24-27.
- 中川弘之,村上亮,藤原智,飛田幹男 (1999): JERS-1 による干渉 SAR で検出した関東平野北部地域の地盤沈下,日本測地学会誌,第 45 巻,347-350.
- 藤原智,仲井博之,板橋昭房,飛田幹男,矢来博司(2005): JERS-1 干渉 SAR による小空間スケール 地表変位の検出,測地学会誌,第 51 巻,第 4 号,199-213.
- 国土地理院,防災科学技術研究所,宇宙航空研究開発機構,気象庁(2006):人工衛星データを用いた 硫黄島の地殻変動の試験的調査の結果について,第105回火山噴火予知連絡会公表資料.
- 防災科学技術研究所,国土地理院,宇宙航空研究開発機構,気象庁(2007):人工衛星データを用いた 硫黄島の地殻変動の調査結果について,火山噴火予知連絡会報道発表資料.
- 国土地理院(2007): 人工衛星データを用いて「平成19年(2007年)能登半島地震」に伴う地殻変動 を詳細に把握,国土地理院報道発表資料.
- 藤原智,飛田幹男,村上亮,中川弘之,Paul A. Rosen (1999):干渉 SAR における地表変動検出精度向上のための基線値推定と大気-標高補正,測地学会誌,第45巻,第45号,315-325.
- 飛田幹男,宗包浩志,松坂茂,加藤敏,矢来博司,村上亮,藤原智,中川弘之,小澤拓(2005):干渉 合成開口レーダーの解析技術に関する研究,国土地理院時報.№106,37-49.