

SAR インターフェロメトリによる地殻変動の研究、＜地震リモートセンシング フロンティア研究＞

Crustal Deformation by SAR Interferometry, <Earthquake Remote Sensing Frontier Research>

藤井 直之[1], 小林 茂樹[2], 桜井 貴子[2], 島田 政信[2], 児玉 哲哉[3], 市橋 正生[4]

Naoyuki Fujii[1], Shigeki Kobayashi[2], Takako Sakurai-Amano[3], Masanobu Shimada[2], Tetsuya Kodama[4], Masaki Ichihashi[5]

[1] 名大・理・地震火山セ, [2] 宇宙開発事業団, [3] NASDA・地球観測システム技術部, [4] 宇宙開発事業団・地球観測解析研究センター

[1] RCSV, Grad. Sch. Sci., Nagoya Univ., [2] EORC, NASDA, [3] EORC/NASDA, [4] Earth Observation Systems Department, NASDA, [5] NASDA/EORC

<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp>

地表面の変動を高精度・高空間分解能・広範囲にわたって検出・観測できる SAR インターフェロメトリ技術を用いて、地震発生及び火山噴火前後の過程を明らかにするという目的で、(1) 衛星干渉 SAR 解析における誤差要因分析(測地学的精度の確立を目指して)、(2) 衛星データと地上観測データ取得による精度向上(地殻変動, DEM, 地表状態、気象学的観測等)、(3) 繰り返し航法による航空機干渉 SAR の実用化検討(小型航空機による急激な変動の検出可能性)についての成果の概略を報告する。

1. はじめに

日本は地震予知研究に関連して世界でも例を見ないほど密に GPS 観測網を展開している(日本全体で 1000 点、観測点間隔は 25 ~ 35 km 程度)が、空間的分解能が数 m という、合成開口レーダ干渉法(InSAR)による地殻変動の検出が、GPS 観測網を補完する手法として、大地震や火山噴火活動に伴う地殻変動の検出や、地震発生・火山噴火機構の研究に大きな期待が寄せられている。干渉 SAR 解析にとって最も大きな課題は、測地学的観点から見たときの解析結果の精度を定量的に知ることである。未だ独立した探査計測手段として認められていないのは、まさに「定量的な変動量」を得ることについて、未解決の問題が山積みされているからである。

2. 目的と概要

本研究の目的は、地表面の変動を高精度・高空間分解能・広範囲にわたって検出・観測できる SAR インターフェロメトリ技術を用いて、地震発生及び火山噴火前後の過程を明らかにしようという点にある。

上記の目的を達成するために、大きく分けて以下の 3 つのアプローチをとった。

- (1) 衛星干渉 SAR 解析における誤差要因分析(測地学的精度の確立を目指して)
- (2) 衛星データと地上観測データ取得による精度向上(地殻変動, DEM, 地表状態、気象学的観測等)
- (3) 繰り返し航法による航空機干渉 SAR の実用化検討(小型航空機による急激な変動の検出可能性)

(1) 衛星干渉 SAR 解析における誤差要因分析

地理院の GPS 観測網と反射板のデータを結合して誤差要因を検討し、衛星干渉 SAR 解析の結果を測地学的な精度まで向上させるために以下の解析をした。岩手山周辺の数ヶ月間の隆起現象と M6.1 の地震発生や、伊豆半島東部(伊東市周辺)のダイク貫入、神津島周辺の群発地震に関連した火山性現象などについて調べた。そして、干渉 SAR における「大気の影響」の重要性と解決策が試みられた。

また、干渉 SAR 解析による地殻変動の検出精度における水蒸気の問題は、GPS における場合と全く同じ影響力を及ぼす。気象モデルの空間的に細かな格子による地域解析モデルを用いて、衛星の軌道をより詳しく推定する方法や特別な気象現象をシミュレートするモデルが、水蒸気分布の異方性の問題の解決の糸口となっている。水蒸気の鉛直分布による位相遅延量は最大で数 10 cm にもなることから干渉 SAR 解析における水蒸気遅延量の方位依存性は精度向上のうえで最も重要な課題といってもよい。

(2) 衛星データと地上観測データ取得

干渉 SAR による地殻変動の検出では、(Imaging Geodesy と呼ばれるように)定量的な誤差の見積もりやその信頼性に注意を向けるとき、誤差評価の根拠の曖昧さが明確に分かる。そのために、反射板の設置、稠密 GPS 観測網の展開、極微小重力変動の検出などの地上検証観測を行った。GPS や水準点などの「点」における 3 次元変動ベクトルと 1 ピクセル数 m 四方の「面」の内外からの後方散乱による(2 つの観測時期の)位相差で表される

視線距離変動との関係を直接検証した。

そして、超稠密な GPS 観測網が展開されている御前崎地域、伊豆半島東部や神津島などについて、精密重力測定や水蒸気ラジオメータによる観測などの最新測地技術を集中して統合的な観測により、最も詳しい地上検証データが得られた。

(3) 航空機 RP-干渉 SAR の実用化の検討

衛星による干渉 SAR では、衛星の回帰周期 (40 日程度) に制限され、地震発生や火山噴火などの事態に即応することが困難である。本講演では詳述しないが、すでに確立されている航空機による合成開口レーダ干渉法の技術に、GPS 航法システムを結合することにより、数 m の再現性での航空機を誘導し、高精度の繰り返し航法による小型航空機干渉 SAR 解析の基礎的検討を試みた。そして、対象地域に的確な反射点を同定することにより、短期間の地殻変動検出が可能であることを確認した。

3. 今後の課題

干渉 SAR 解析によって地表面の変動を面的、かつ定量的に把握するというアプローチは、地震発生及び火山噴火前後の過程の把握ばかりでなく、非常に広い適用性を持っている。しかし、その定量性を測地学的精度という観点から見ると、多くの調整パラメータが解析手続きの中に入り込むために、未解決の課題が山積みである。

したがって、地殻変動検出の目的を第一にすれば、理想的な次期 SAR 衛星としてタンデムモードで運用される双子衛星計画 (SIDUSS: SAR Interferometry Dual Satellite System) が最も魅力的である。

多くの誤差要因については、通常時にきちんとしたデータを得ておくことにより、21世紀の技術として可能である限り、今これらの技術について日本で実用化しておくことは最も重要なものと期待される。