

干渉 SAR 技術と精密水準測量を併用した地盤沈下量の調査に
関する研究（第 2 年次）
— 干渉 SAR を用いた最適な地盤沈下監視方法の調査 —

実施期間 平成 19 年度～
測地部宇宙測地課 藤原 みどり 雨貝 知美
鈴木 啓

1. はじめに

地盤沈下調査は、高精度な地盤の上下変動の把握が必要なことから、精密水準測量を行い、その観測結果から観測路線周辺域の変動量を推定して地盤沈下等量線図を作成し、面的に地盤沈下の様相を把握するものである。このため、地盤沈下地域の様相の正確な把握には観測路線を高密度に配置する必要がある。一方、干渉合成開口レーダー（干渉 SAR）技術は、計測精度は数 cm だが、地上設備を必要とせず、地盤変動等の面的な分布を広範囲に捉えることができる。そこで、地盤地下の監視を面的に行える干渉 SAR 技術と線的ではあるが高精度の結果が得られる精密水準測量による双方の特長を組み合わせることで、現在の精密水準測量のみによる地盤沈下の監視精度を維持しつつ、精密水準測量の観測量を縮減することが期待できる。国土院は、水準点の維持管理のほか、国内の地盤沈下地域 16 地域において、陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）の SAR データを用いた SAR 干渉解析を定常的に実施している。本調査では、地盤沈下監視の効率化を目指し、これらの成果を活用した最適な監視方法を検討した。

2. 検討事項及び結果

2. 1 干渉 SAR の精度評価

干渉 SAR の精度評価のため、平成 19 年（2007 年）能登半島地震および平成 19 年（2007 年）中越沖地震における干渉 SAR の観測値と精密水準測量の観測値との比較を行った。その結果、干渉 SAR 観測値と水準測量観測値では良い相関を示すが、標準偏差は 1.5～2 cm 程度であった（鈴木ほか, 2007; 鈴木ほか, 2008）。ただし、これらの比較に用いた観測データは、地震前に実施した水準測量と干渉 SAR の観測時期が異なり、厳密な比較とはならない。そこで、干渉 SAR によって地盤沈下と思われる変動を捉えた青森県岩木川流域のおよそ 40km² の範囲において、干渉 SAR と水準測量の平行観測をおこない、両者の約 5 ヶ月間の変動量を比較した。用いた観測点は、一等水準点 2 点を含む 7 点である。その結果、両者とも最大 2 cm 程度の変動量を捉えた。両者の差の標準偏差は 0.6cm であったが、変動傾向は一致している。なお、青森県岩木川流域における水準測量と干渉 SAR の平行観測は、平成 21 年度も実施する予定である。一方で、佐賀平野のように、平成 19 年度に実施された水準測量において年間の最大沈下量が 3 cm を観測されたにもかかわらず（環境省, 2008）、干渉 SAR では捉えられなかった場合もある。これは、干渉 SAR 技術の計測精度による。干渉 SAR 技術の計測は、原理的には mm 単位まで可能である。しかし、大気遅延や電離層擾乱による電波伝搬誤差がある場合、2～3 cm を超える変動量でなければ判別が難しくなることから、一般的に数 cm の計測精度といえる。つまり、現在の地盤沈下の被害状況のように、年間沈下量が最大でも 3 cm 程度である場合、観測期間が 1 年未満では変動量もわずかであり、干渉 SAR の計測精度では捉えることが困難となる。そのため、干渉 SAR で年間数 cm の変動を監視する場合は、干渉 SAR の計測精度である数 cm を超える変動量に達する期間、少なくとも 1 年以上の観測期間を持つ観測データであることが望ましい。「だいち」の運用は、

2006年の打上から3年目を迎えており、十分な観測期間を持つ良好な SAR データが蓄積されつつある。今後は、地盤沈下監視において、干渉 SAR の更なる貢献が期待できる。

2. 2 干渉 SAR の成果提供方法

通常、干渉 SAR の成果となる SAR 干渉画像は、2期間の変動量（位相変化）を虹色で表現している。また、捉える変動量も、水平・上下方向ではなく、衛星-地表間の視線方向の距離変化である。これらのことから、SAR 干渉画像を理解するためには、ある程度の知識を必要とする。しかし、地盤沈下監視事業への実用化のためには、変動の様相を誰でも容易に理解できる表現でなければならない。そこで、視線方向の変動量ではなく水平・上下方向の変動量を示した、変動分布図に変換した成果を提供する。干渉 SAR では、単独では変動の方向を特定することができないが、2方向以上からの SAR 干渉画像を組み合わせることにより、変動を2次的、3次的に把握することが可能となる。この手法は2.5次元解析と呼ばれる（Fujiwara et al., 2000）。今後は、この2.5次元解析によって得られた上下成分の変動分布図の提供を目指す。また、地形図との重ね合わせ、水準点の位置や観測値情報等を付加した提供を実現するため、電子国土を利用した「干渉 SAR・水準測量成果統合閲覧システム」を構築する。

2. 3 干渉 SAR 技術と精密水準測量の組み合わせによる活用方法とその効果

前述のとおり、干渉 SAR の計測精度は数 cm であるため、地盤沈下地域で実施されている水準測量のような mm 単位の変動量を監視することには適さない。そこで、地盤沈下調査における干渉 SAR の活用方法として、SAR 干渉画像から沈下域を予め特定し、その情報を基に適切な水準路線を検討するという方法が挙げられる。さらに、「干渉 SAR・水準測量成果統合閲覧システム」が構築されれば、管理者とユーザーの双方による情報の追加・共有が実現することから、遅滞なく情報の更新が図れ、迅速かつ確に判断することが可能となる。これにより、干渉 SAR と水準測量との組み合わせによる最適な監視体制が確立され、これまでの監視精度を低下させることなく、監視業務の効率化が期待できる。

3. 今後の課題

調査の結果に基づき、「干渉 SAR・水準測量成果統合閲覧システム」を構築し、早期の公開を目指す。併せて、干渉 SAR の計測精度向上のため、最大の誤差要因となる大気や電離層の擾乱による電波伝搬遅延誤差の軽減に関する研究開発をおこなう。また、現在定常的に監視をおこなっている地盤沈下 16 地域だけでなく、全国土の SAR 干渉解析を実施し、未知の変動領域の有無について確認をおこなう。

参考文献

- Fujiwara, S., T. Nishimura, M. Murakami, H. Nakagawa and M. Tobita (2000) : 2.5-D surface deformation of M6.1 earthquake near Mt Iwate detected by SAR interferometry, *Geophy. Res. Let.*, 27, 2049-2052.
- 環境省 水・大気環境局 (2008) : 全国の地盤沈下地域の概況,
<http://www.env.go.jp/water/jiban/chinka.html> (accessed 17 Mar. 2009).
- 鈴木啓, 雨貝知美, 藤原みどり, 和田弘人 (2008) : 干渉 SAR 技術と精密水準測量を併用した地盤沈下の調査に関する研究, 国土地理院技術資料 A・4-No. 6 平成 19 年度調査研究年報.
- 鈴木啓, 雨貝知美, 藤原みどり, 和田弘人, 飛田幹男, 矢来博司 (2007) : 衛星合成開口レーダーを用いた平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震に伴う地殻変動の検出, 国土地理院時報, 114, 47-53.