

干渉 SAR 時系列解析を用いた宮城県沿岸地域の地盤変動モニタリング

日本大学大学院 学生会員 ○染谷 亮太
 日本大学 正会員 羽柴 秀樹
 日本大学 正会員 園部 雅史

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(本震)によって、牡鹿半島では水平方向に最大5mの変動が観測されたことをはじめ、東日本を中心に広い範囲で地殻変動が観測された¹⁾。本震後も続く余効変動により、牡鹿半島とその周辺の地域では、本震後10年間で最大約1.5mの変動が観測され、本震前から10年間の累計では6mを超える変動となった。また、同地域では本震によって1mを超える沈降が観測され、その後余効変動により同地域では本震後10年間で50cmを超える隆起が観測された²⁾。これらに対し、国土地理院ではGNSSを用いた観測やLバンド合成開口レーダ(PALSAR-2)のデータを使用して地殻変動の監視を行っている³⁾。これに対し、フリーで観測情報が入手でき、かつLバンドに比べ波長が短いCバンドのSAR衛星を用いた本震の余効変動に対する調査やその効果はまだ十分に検討されていない。

本研究では、本震の余効変動を調査するために、2017年～2020年にSentinel-1衛星により観測されたCバンドによる観測データを用いて、地盤変動を干渉SAR時系列解析から調査し、国土地理院によるGNSSの観測結果(F3解)と電子基準点日々の座標値(F5解)のそれぞれと比較検討した⁴⁾。その結果から、地盤変動のモニタリングへの有用性を考察した。

2. 対象地域と使用データ

本研究の対象地域は、東北地方でも余効変動が比較的大きい宮城県太平洋沿岸の範囲とした。使用したSentinel-1衛星データを表-1に示す。観測モードはInterferometric Wide Swath (IWS)モードであり、分解能は衛星進行方向に5m、電波照射方向に20m、観測幅は250kmである。観測モードはVV偏波の情報を有しており、軌道方向は南行軌道を使用した。これらの観測データはCopernicus Open Access Hubから入手した。

3. 調査・解析方法

差分干渉解析(DInSAR)は、ほぼ同一の軌道上から観測された2時期のSARデータの位相差から、地表の変位を抽出する解析手法である。ここでは、表-1に示す3カ月間隔のデータセットから連続してそれぞれDInSAR解析を行い、全期間を合算し評価期間の時系列的な変動状況を把握した。干渉画像を作成する際に2時期間のエラーが出る領域を除いた。電波照射方向に27ルック、衛星進行方向に7ルックのマルチルック処理を施した。標高データは国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルの10mメッシュを用いた。また、国土地理院によるF3解とF5解とを時系列DInSAR解析による変位量の結果をそれぞれ比較した。時系列DInSAR解析の結果は衛星視線方向であるため、入射角等を用いて水平方向と鉛直方向に変換することでF3解とF5解と比較できるようにした。比較する電子基準点は気仙沼、S本吉、女川、牡鹿、矢本、利府、S七ヶ浜、亘理の8地点を対象とし、隆起方向をプラスとした。

表-1 使用データ (UTC)

ペア	Master (観測日)	Slave (観測日)
a	2017/03/14	2017/06/06
b	2017/06/06	2017/09/10
c	2017/09/10	2017/12/15
d	2017/12/15	2018/03/21
e	2018/03/21	2018/06/13
f	2018/06/13	2018/09/29
g	2018/09/29	2018/12/10
h	2018/12/10	2019/03/04
i	2019/03/04/	2019/06/20
j	2019/06/20	2019/09/12
k	2019/09/12	2019/12/29
l	2019/12/29	2020/03/10

4. 解析結果

(1) 時系列差分干渉解析による地盤変動の評価
 詳細な変位量の評価のため、F3解、F5解とDInSAR解析結果の鉛直方向の変位量の比較を行った。DInSAR解析結果は衛星視線方向の変位であるため、入射角から鉛直変位に変換した。入射角度は32.3°～35.4°に設定した。比較地点を図-1に示す。2017年3月から2020年3月までの各期間の鉛直方向の変位量

キーワード：東北地方太平洋沖地震 余効変動 Sentinel-1衛星 干渉SAR時系列解析 地盤変動モニタリング

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 日本大学・羽柴 Tel:03-3259-0669 Email:hashiba.hideki@nihon-u.ac.jp

と変位量の時系列的な累計結果を図-2 に示す。比較した結果、DInSAR 解析結果は F3 解と F5 解と同一の変位方向（隆起方向）となった。しかし、一部期間で変位方向が一致していない箇所が見られた。これは、対象地域の実際の変動方向や変動量にばらつきがあること



図-1 比較地点

ことや、大気中の水蒸気による電波の遅延などが変位の向きが一致しなかった要因として考えられる。

(2) 調査期間における変位量の精度評価
対象とした 8 地点において、鉛直方向の変位量の調査期間での総計の比較を表-2 に示す。比較した結果、F3 解と DInSAR 解析結果では牡鹿、利府、亶理の 3 地点で 0.05m 前後の誤差があり、その他の地点ではおおむね良好な結果となった。F5 解と DInSAR 解析結果では、女川、利府の 2 地点で 0.05m 前後の誤差となりその他の地点では、おおむね良好な結果となった。誤差が大きくなった理由として、大気中の水蒸気による影響や、観測地点周辺の土地被覆などによる影響が要因として考えられる。

表-2 各結果の鉛直方向の変動量の総計比較

比較点	F3 解	F5 解	DInSAR 解析結果
気仙沼	0.12m	0.14m	0.12m
S 本吉	0.10m	0.13m	0.10m
女川	0.13m	0.16m	0.11m
牡鹿	0.13m	0.16m	0.17m
矢本	0.11m	0.14m	0.12m
利府	0.05m	0.08m	0.14m
S 七ヶ浜	0.09m	0.012m	0.12m
亶理	0.04m	0.10m	0.12m

5. まとめ・今後の展望

対象地域において変位方向は F3 解と F5 解と同様の変位傾向となった。精度検証においては、一部の比較点で誤差が大きく出たが、その他の比較点では、良好な結果が得られた。

今後は、誤差低減手法の適用や対象期間を延長し PS 法を用いた解析を行い、より詳細な精度検証と、解析方法ごとの比較を行う予定である。

参考文献

- 1) 国土地理院：日本列島の地殻変動, <https://www.gsi.go.jp/kanshi/> (2022年3月2日閲覧)
- 2) 国土地理院：国土地理院の干渉 SAR, https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/gsi_sar.html (2022年2月26日閲覧)
- 3) 国土地理院：だいち2号 SAR 干渉解析による熊本地震に伴う地殻変動の検出, <https://www.gsi.go.jp/common/000147110.pdf> (2022年2月22日閲覧)
- 4) 国土地理院：電子基準点データ提供サービス, <https://terras.gsi.go.jp/> (2022年3月16日閲覧)

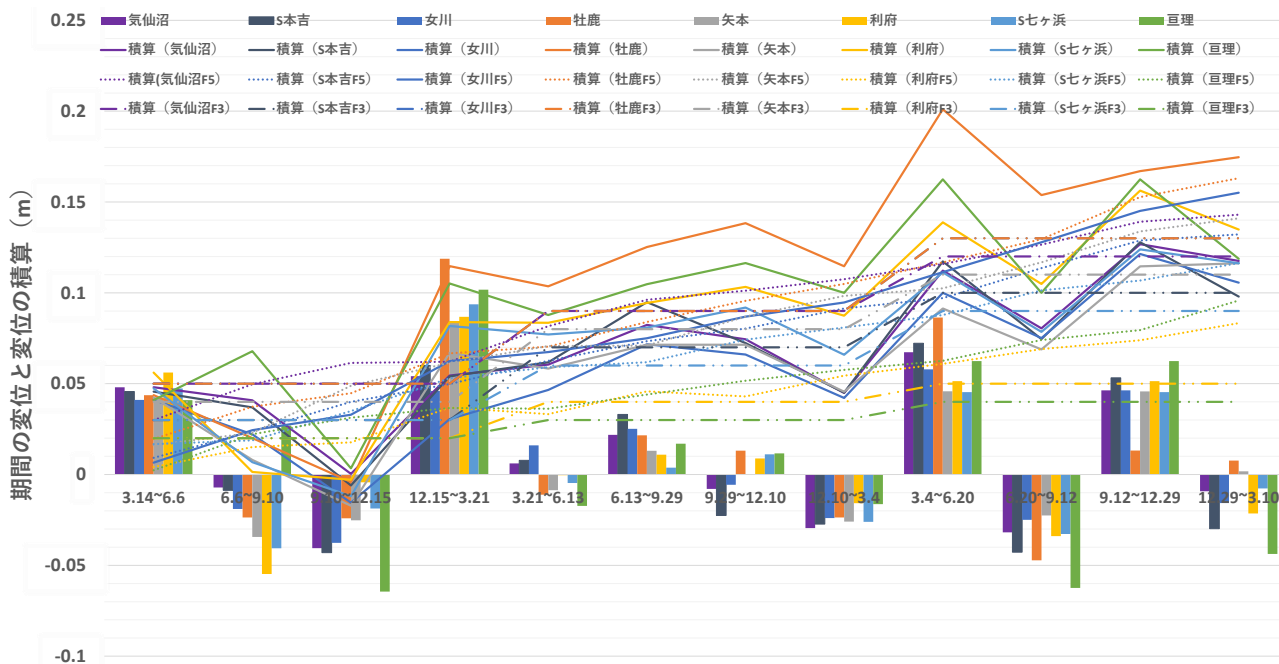


図-2 各観測ペアでの鉛直方向の変位と変位量の時系列的な累積傾向