

干渉 SAR 解析を用いた茨城県北部沿岸の 東北地方太平洋沖地震による地盤変動の推定

筑波大学大学院システム情報工学研究科 学生会員 ○亀田宏輝
筑波大学システム情報系 正会員 武若聡

1. 研究の目的

2011 年 3 月 11 日に起きた東北地方太平洋沖地震に伴い、東日本の広範囲に渡って数十 cm 規模の地盤沈下が観測された¹⁾。太平洋沖の震源に近い岩手県、宮城県、福島県、茨城県においては特に大きな地盤沈下が観測されている。これらの沿岸部における地盤沈下は急激な海面上昇があったとみなせ、これに伴い汀線が大きく変化したと考えられる。

本研究では地盤変動を面的に把握できる干渉 SAR 解析²⁾により沿岸の地盤変動を推定する。干渉 SAR 解析では、多くの地球観測衛星に搭載されている合成開口レーダ (SAR=Synthetic Aperture Radar) が観測した二つの画像を使用する。異なる時期に撮像された二枚の画像から求めたレーダ波の位相差より、その地域に起きた地盤変動の変動量を広範囲に面的に抽出する。解析対象地域は、東北地方太平洋沖地震によって大きな地盤沈下が見られた地域の一つであった茨城県北部沿岸である (図-1)。

2. 解析データの選択

茨城県北部沿岸における東北地方太平洋沖地震に伴う地盤変動分布の推定は、地震発生前の期間、および地震発生前後の期間を対象として行った。SAR 画像には陸域観測衛星 ALOS (日本、JAXA) により撮像され

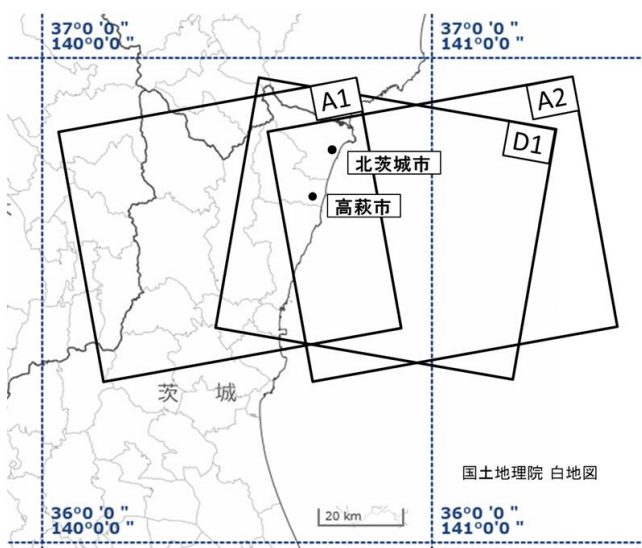


図-1 解析対象域と軌道観測範囲

表-1 各軌道の解析画像ペアの期間

軌道	No.	期間(前/後)		
A1	1	2010/01/30	2011/02/02	震災前
	2	2010/01/30	2010/11/20	震災前
	3	2011/02/02	2011/03/20	震災前後
A2	1	2011/03/03	2011/04/18	震災前後
D1	1	2010/08/20	2010/11/20	震災前
	2	2010/11/20	2011/04/07	震災前後

たものを使用した。本解析に用いた画像はすべて高分解能モード (分解能は 10 m~20 m) で撮像されたものである。ALOS は準回帰軌道と呼ばれる軌道で運用されており、日本上空を通過する時の軌道は上昇 (南から北) と下降 (北から南) があり、レーダ照射方向も変化する。干渉 SAR 解析はレーダ照射方向が同じ画像ペアで行う。この要件を満たす画像のペアを選び、異なる三つの軌道で解析を行った。表-1 に軌道、画像ペアの観測日を示す。ALOS の画像を干渉 SAR 解析できるソフトウェアの調査・検討を行い、無償で公開されている GMTSAR (カリフォルニア大学サンディエゴ校)³⁾を用いることとした。また、デジタル標高データ (DEM) として、2000 年の SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) により作成された SRTM1 データ (約 30 m メッシュ) を使用した。

3. 茨城県北部沿岸の地盤沈下

表-1 に示した画像ペアの干渉 SAR 解析を行った。位相差の分布の例を図-2 に示す。期間内に地盤変動があり位相差が生じた領域がある場合、その領域は干渉縞として現れるのが特徴である。表-1 に示した解析結果の内、明らかな干渉縞を確認できた画像ペアは、地震発生前後の期間である A1-3、A2-1、D1-2 であった。地震発生前の期間である画像ペアには干渉縞は見られなかった。

位相差の分布データから位相差を積分して地盤変動量を推定する処理は位相アンラッピングと呼ばれる。この位相アンラッピング処理を行い、地盤変動量の分

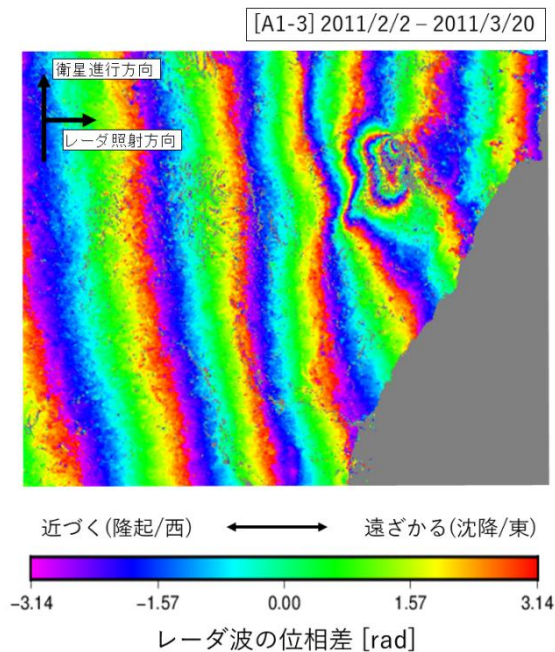


図-2 位相差分布 (干渉縞) [A1-3]

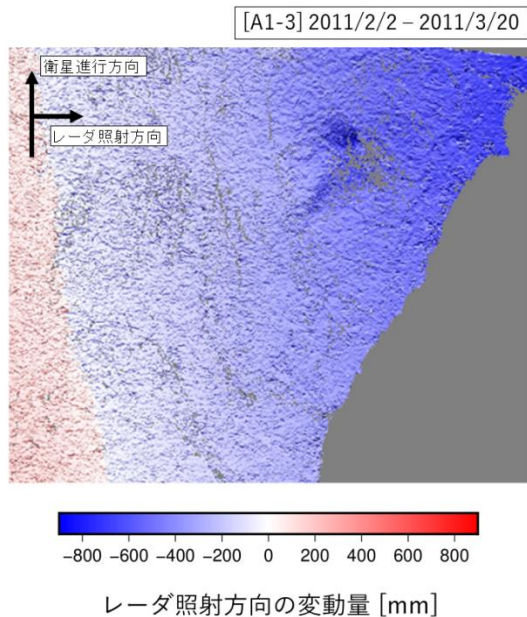


図-3 地盤変動量分布 [A1-3]

布を推定した (図- 3)。干渉 SAR 解析はレーダ照射方向の地盤変動量を求める手法であるため、ここで求めた地盤変動量もレーダ照射方向の変動量となることに注意が必要である。茨城県北部の広範囲に渡り数十 cm 規模のレーダ照射方向に対して衛星側から遠ざかる変動量 (垂直方向の沈下と水平方向の東向き変動) があったと考えられる。茨城県北部沿岸の地盤変動量は北茨城市と高萩市の周辺で大きく、60 cm 程度の変動 (沈下) があったと推定される。解析結果の時系列変化 (2010 年 1 月 30 日から 2011 年 4 月 18 日) を三地点 (北茨城、里美、日立) の電子基準点の変動量⁴⁾と比較した結果、両者は概ね一致することを確認した。

茨城県北部沿岸部の地盤変動量分布の考察に備え、

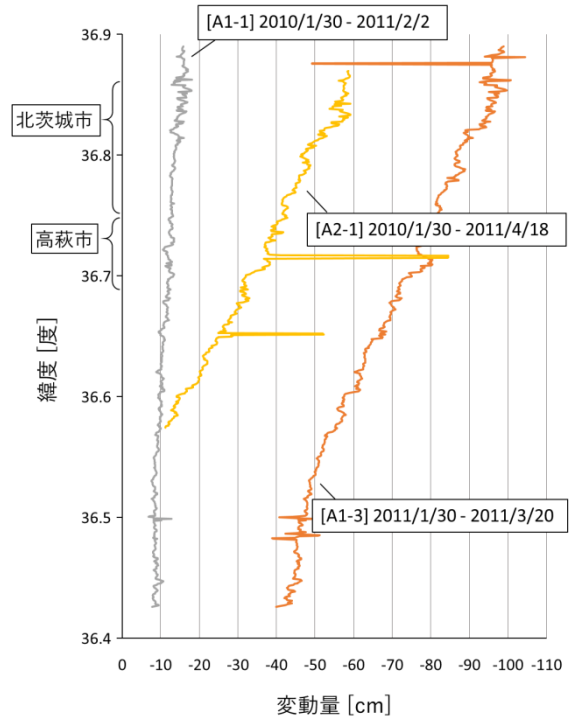


図-4 海岸線に沿った垂直方向の地盤変動量分布

干渉 SAR 解析の結果より海岸線に沿っての 2010 年 1 月 30 日からの相対的な地盤変動量を求めた (図- 4)。地震発生前の解析である A1-1 には明らかな地盤変動が検出されていない。一方、A1-3 と A2-1 の解析結果を比較すると、地震発生直後 (A1-3) の沈下量が大きく、その後隆起があったと考えられる。沈下量は南から北に向かって大きくなっており、約 11 km で約 15 cm 程度の沈下量の増加がある。今後は地盤沈下に伴う汀線変動の有無を調べるのが課題である。この際にはレーダ波照射方向の変動量から垂直方向成分を抽出する処理が重要となる。

謝辞

宇宙航空研究開発機構より ALOS-PALSAR のシーンの提供を受けた。また、同機構の大規模災害衛星画像解析 WG 並びに (一財) リモート・センシング技術センターより SAR 干渉解析に関する技術情報の提供を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土地理院、平成 23 年東日本大震災に関する情報提供、http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23_tohoku.html
- 2) 国土地理院、干渉 SAR、http://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/gsi_sar.html
- 3) GMTSAR、<http://topex.ucsd.edu/gmtsar/>
- 4) 国土地理院、電子基準点の地盤変動量観測値、<https://www.jisinyosoku.com/>