

干渉 SAR による茨城県潮来市日の出地区の液状化被害域の抽出

茨城大学大学院 学生会員 ○木暮聖

茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター 正会員 桑原祐史

1. 序論

地球観測衛星には広い範囲を同時刻で観測できる広域同時性、回帰日数ごと連続的な観測できる周期性という、他の観測手段では得られない利点がある。この利点は迅速な対応が求められる災害発生時において目視による被害把握の時間的課題を解決できることから、防災面での活用が期待されている。

衛星に使用される観測器は光学センサと合成開口レーダ（以下、SAR）に大別されるが、SAR は能動型センサであることから、昼夜、雲の有無による影響を受けにくいという特徴を持つ。また地表までの距離を位相データとして保持しているため、2 時期の SAR データから高度変化を計測する干渉 SAR 解析を行うことにより標高変化を求めることが可能である。2 時期データを標高の変化が生じる地すべりや液状化被害の発生前と後に設定した場合、その被害を抽出することができる。しかし、地形条件による観測制限が存在し、山岳地帯では適用が困難であることが知られている¹⁾。そこで本研究では地形的条件が良いと考えられる平地で干渉 SAR を適用した場合、どの程度詳細な観測が可能であるかについて評価を行うこととした。観測対象は 2011 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震により茨城県潮来市日の出地区で発生した大規模な液状化被害である²⁾。既往研究として、同地震時の東京湾臨界域全体の広域地表変動量の推定を行った例³⁾はあるが、特に潮来市では同地区の面的な沈下データを保有しておらず、また継続的な水準測量も行われていない。よって本研究の解析目標を以下のように設定した。

- 1) 東北地方太平洋沖地震により日の出地区で発生した液状化に伴う地盤の変動について、差分干渉 SAR を用いて地表変動量図として抽出する。
- 2) 住宅や道路の被害を干渉 SAR 解析時に算出されるコヒーレンスを利用して求める。
- 3) SAR を利用した詳細な液状化被害域の抽出が可能

キーワード：液状化、干渉 SAR、コヒーレンス

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学大学院理工学研究科 都市システム工学専攻

であるかについて検討する。

差分干渉 SAR は地形自体の上下変動を抽出する手法であり、コヒーレンスは地表面の変化（土地の被覆）を見分ける手法である。液状化被害の分析に当たっては、地形変化から沈下量を、土地被覆の変化から個々の地物の被害状況を得るために両解析を取り入れ、抽出可能性について、検討を行った。

2. 差分干渉 SAR による地表変動量の計測

2.1 解析方法

差分干渉 SAR は、干渉画像内の干渉縞から変動縞以外を取り除き、残存した変動縞を地表面高さに変換することで地表変動量を計測する方法である。本研究では対象領域の SAR データから地震前後のペアを設定、差分干渉 SAR 解析を行った。得られた地表変動量図のうち、地震前同士のペアを図-1、地震前後のペアを



図-1 2010/10/05-2010/11/20 地表変動量図

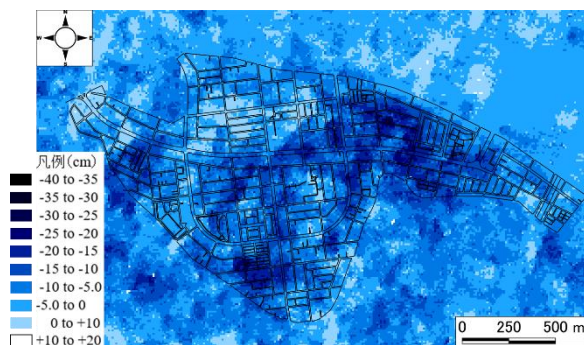


図-2 2010/11/20-2011/04/07 地表変動量図

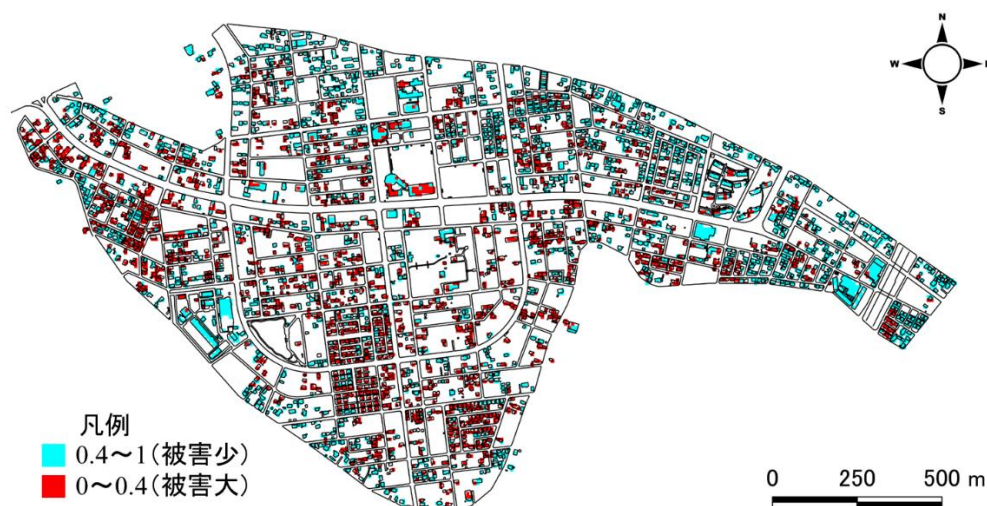


図-3 コヒーレンス比による建物被害度

2 に示す。

2.2 解析結果と考察

図-1 周辺の電子基準点を用いて 2 時期の変動量を比較した。得られた地表変動量と各電子基準点の誤差はいずれも数 mm であった。図-2 をみると全域で沈下が発生していることが分かるが、特に日の出地区の東側や中心で大きな沈下が発生していることが読み取れる。同地区の古地図を見てみると、沈下量が大きかった東側は溜池、中心部は荒地であったことが判明した。同地区は全域が埋立地であるが、そのうち干拓に時間を要した場所で大きな沈下が発生していたことが考えられる。

3. コヒーレンス比を利用した被害域の抽出⁴⁾

3.1 解析方法

干渉 SAR 解析の中間生成物として 2 時期の後方散乱強度の相関であるコヒーレンスの情報を得ることができる。コヒーレンスは植生の変化、地表面の粗度・誘電特性・2 時期の衛星間の垂直方向の基線長などにより変化し、0 から 1 の値で表される。対象領域である日の出地区は平地かつ住宅地であることから土地被覆の変化が少ないと考えられ、通常、コヒーレンスは高くなる。しかし、地震の影響により領域内の道路や住宅にひび割れ、傾きが生じた場合、コヒーレンスが低下することを利用し被害域を抽出する。水域や植生域等、元々コヒーレンスが低い地域を除外する目的で地震前同士の SAR データから求めたコヒーレンスを分母、地震前後のコヒーレンスを分子にしたコヒーレンス比（地震前後/地震前-前）を算出した。

3.2 解析結果と考察

地震前同士のペアと地震前後のペアのコヒーレンス比を図-3 に示す。なお、被害域に着目しやすいよう、建築物のデータでマスク処理を施した。コヒーレンス比は低いほど大きな住宅被害が発生していると考えられるが、本研究ではその閾値を 0.4 とし、それ以上と以下で区分けした。結果、日の出地区を南北に分ける幹線道路より南側の住宅で大きな被害が発生していることが分かった。また、外周部分では住宅被害が微少であると判断された。その要因としては、日の出地区の外周部分はかつて土堤であったため、中心部と比較して強固な地盤であったことが考えられる。

4. 結論

本研究の成果は以下の通りである。

- 1) 液状化に伴う地盤沈下量を面的に抽出し、その精度評価を行った。結果は良好であった。
- 2) コヒーレンスを利用することで個々の建物レベルの被害抽出が可能となった。

参考文献

- 1) 田口智大, 鴻野智崇, 桑原祐史: 異なる干渉 SAR 技術の応用による斜面災害域抽出結果の比較, 環境情報科学論文集, vol.33, pp324-329, 2019
- 2) 橋本隆雄, 安田進: 2011 年東北地方太平洋沖地震による潮来市日の出地区の液状化被害分析, 土木学会論文集 A1, 68 巻 4 号, pp11266-11277, 2012.
- 3) 石塚師也, 辻健, 松岡俊文, 水野敏実: 干渉 SAR 解析を用いた 2011 年東北地方太平洋沖地震で発生した東京湾臨海域の液状化に伴う広域地表変動量の推定, 土木学会論文集 C, 68 巻 1 号, pp175-182, 2012.
- 4) 伊藤陽介, 細川直史: 干渉 SAR データを用いた地震被害度推定モデル, 電気学会論文 C, 122 巻 4 号, pp617-623, 2002