

# TerraSAR-X画像の解析による津波被災地の建物被害程度の把握

東北大学 学生会員 ○堺 友里  
東北大学災害科学国際研究所 正会員 越村 俊一  
東京工業大学大学院 非会員 松岡 昌志

## 1. 序論

2011年3月11日に三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震 ( $M_w$ 9.0) が発生した。この地震によって発生した津波は、岩手県・宮城県・福島県を中心とした太平洋沿岸部を襲い、甚大な人的被害・建物被害をもたらした。

このような広域の被害を把握するためには、人工衛星や航空機からのリモートセンシング技術が有効である。中でもマイクロ波を用いる合成開口レーダ (SAR) は、天候や昼夜問わず被災地を確実に観測することができ、被害の全体像を把握する手段として注目されてきた。(越村ら, 2010)

また、発災後の効果的な被災地支援や被害調査の実施には、被害程度の把握が重要であり、既往研究ではSAR画像を用いた建物被害程度の把握が行われてきた。(リュウら, 2012) しかし、SAR画像を用いて建物被害程度評価を実施した例は未だ少なく、解析手法も確立していない。

そこで本研究では、建物被害程度の量的把握手法の構築を目的とし、高分解能SARによって捉えられた津波被災地の画像を用いて、画像後方散乱係数およびそれから算出される変量から建物被害の評価をする。

## 2. 概要

### (1) SAR画像と前処理

本研究では、津波による被害が大きかった宮城県沿岸部を撮影した地震前後の2時期のTerraSAR-X画像を用いた。地震前の画像は2010年10月20日、地震後は2011年3月12日に撮影されたものである。対象範囲と使用する画像を図-1に示す。両画像とも下降軌道からHH偏波で観測され、解像度は2.5m (StripMapモード) である。

画像の前処理として、ノイズ低減処理を行った。コヒーレント系であるSAR画像には、スペックルノイズが多く含まれており、正確な画像解析を行うためにはこのノイズを除去する必要がある。そのためにここではEnhanced

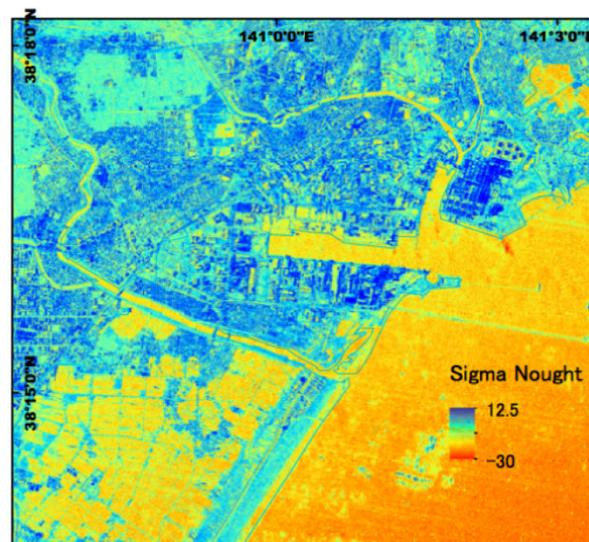


図-1 解析対象地域

Leeフィルタを適用した。その際のウィンドウサイズは、詳細な地表情報を維持する為に最も小さい $3 \times 3$ を採用した。フィルタ処理後、ノイズが軽減し、より平滑化した画像が得られた。

### (2) 変化抽出手法

被災前後のSAR画像の後方散乱係数の特性をつかむために、両画像から後方散乱係数の差分 $d$ と相関係数 $r$ 、2つの特性値を式 (1), (2) により計算する。

差分値は $3 \times 3$ ピクセルウィンドウ内の後方散乱係数の平均値について被災後の値から被災前の値を引くことで求める。相関係数も同じウィンドウサイズから算出する。

$$d = \bar{I}a_i - \bar{I}b_i \quad (1)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N I a_i I b_i - \sum_{i=1}^N I a_i \sum_{i=1}^N I b_i}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^N I a_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N I a_i \right)^2 \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^N I b_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N I b_i \right)^2 \right)}} \quad (2)$$

ここで、 $d$ は後方散乱係数の差分値[dB]、 $r$ は相関係数、 $N$ は計算ウィンドウ内のピクセル数を表す。 $I a_i, I b_i$ は被災前、後のそれぞれの画像の $i$ 番目のピクセル値、 $\bar{I} a_i, \bar{I} b_i$ は $i$ 番目のピクセルの周囲 $3 \times 3$ ピクセルの平均値である。

表-1 建物被災状況（国土交通省都市局）

被災区分	定義	使用被害建物数 (ピクセル数)
1.流失	完全流失	711 (1045)
2.全壊	壁：ほぼ流失 柱：歪あり	366 (1120)
3.全壊 (1階以上浸水)	壁：損傷大 柱：健全	143 (882)
4.大規模半壊	壁：損傷小 柱：健全	221 (4515)
5.半壊	約1m未満の浸水	195 (434)
6.一部損壊	床下に泥あり	22 (226)
7.被災なし	—	16 (501)

### 3. 結果と検証

#### (1) 被災前後の散乱強度の相関係数と被害程度

被災前後の後方散乱強度の相関と建物被害程度の関係を探るために、2時期のTerraSAR-X画像から、蒲生地区の建物被害レベル毎の頻度分布を作成した。(図-2)。

その結果、全体の傾向としては被害程度が小さくなるにつれ、相関係数が1に近づく傾向にあることがわかった。しかし、中には最も相関性がないと考えられた、「流失」区分でも相関があるという結果も生じた。これは、カージナル効果のような後方散乱が大きくなる環境要因が、震災前後ともに存在したためと考えられる。

一方、「半壊、一部損壊、被災なし」区分では、被害が小規模であったために、SAR画像においても被災前後で、正の相関性が確認することができた。

#### (2) 被災前後の散乱強度の差分値と被害程度

図-3は、蒲生地区における2時期のTerraSAR-Xの差分画像から、各ピクセル値を被災別に抽出し、累積頻度分布を作成したものである。

差分値は、その絶対値が大きいほど被災前後の地表の凹凸の変化が大きく、値が正の場合は平滑な地表から凹凸のある地表への、負の場合はその逆の変化を表す。本解析対象領域では、被害程度が小さいほど差分値の絶対値が小さくなることがわかった。しかし、中には低程度被害でもその値が大きい傾向にある被災区分もあった。原因のひとつに、3.(1)にて述べた事柄も考えられるが、

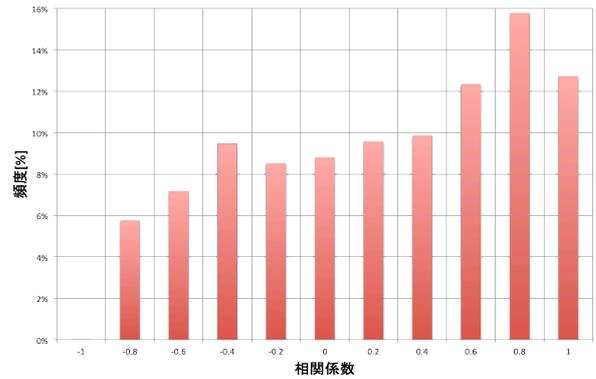


図-2 建物被災状況区分（流失）の相関係数の頻度分布（蒲生）

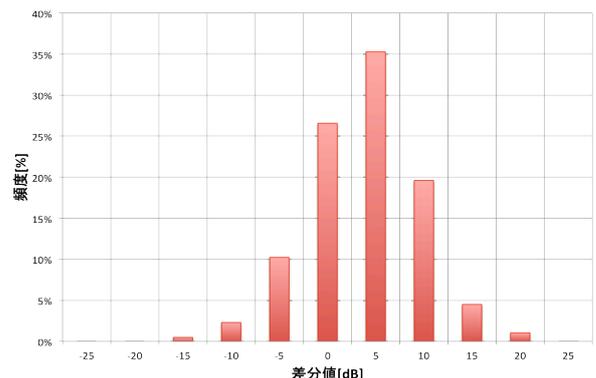


図-3 建物被災状況区分（流失）の差分値の頻度分布（蒲生）

さらなる検証が必要と判断し、今後の検討課題とする。

### 4. 結論

本研究では、仙台市宮城野区蒲生地区における、被災前後の2時期のTerraSAR-X画像から差分値 $d$ と相関係数 $r$ を求め、国土交通省による建物損壊状況分類データにある被害程度との関連性を検討し、SAR画像と被害程度の関連性を評価した。更に、対象領域を広域にし、仙台市宮城野区東部における同考察を行い、領域による特性の違いを把握した。今後は、本研究の評価をもとに抽出手法の改良を行うと同時に、建物被害評価把握指標の構築を確立する予定である。

### 参考文献

- リュウ・ウェン, 山崎文雄, 郷右近英臣, 越村俊一 (2012): 高解像度SAR画像を用いた東北地方太平洋沖地震における津波湛水域と建物被害の抽出, 日本地震工学会論文集, 第12巻, 第6号 (特集号)
- 越村俊一, 松岡昌志 (2010): 合成開口レーダーを利用した津波被害の面的把握, 土木学会論文集, B2, 海岸工学66 (1-2), 1426-1430, 2010