

TerraSAR-Xによる津波被災地の建物流失率推計式の検討

東北大学大学院
ドイツ航空宇宙センター
ドイツ航空宇宙センター
ドイツ航空宇宙センター
東北大学災害科学国際研究所 正会員 越村 俊一

学生会員 ○郷右近 英臣
Joachim Post
Christian Geiß
Enrico Stein

1. 序論

津波災害の発生直後、広域に及ぶ被害を短時間で把握する唯一の手段はリモートセンシング技術である。特に合成開口レーダ (SAR) は、昼夜天候の影響をほとんど受けないマイクロ波を使用しているため、災害時の被害把握に有効である。本研究では、被災前後の高分解能合成開口レーダ(TerraSAR-X)画像による建物被害即時推計手法について、検討を行うことを目的とする。建物被害の推計は、(1)TerraSAR-X画像の前処理、(2)津波浸水域の抽出、(3)被災前の住宅域の抽出、(4)建物被害の推計の4段階のアプローチで行う。

2. 解析対象領域と使用データ

解析対象領域は、宮城県名取市閨上である。本研究では、浸水域の抽出と住宅域の抽出、建物被害の推計に、被災前後の津波被災地を捉えたTerraSAR-X画像を使用する(図-1(A), (B))。解析には空間分解能約3 mのStripMapモードで撮影されたTerraSAR-X画像を使用する。撮影日時は2010年10月20日(UTC)と2011年3月12日(UTC)である。また、浸水域の抽出領域を標高で制限するために、宇宙システム開発利用推進機構(2009)により配布されている空間分解能30 mのASTER全球3次元地形データ(原データは経済産業省及びNASAに帰属。以下、ASTER GDEM)を使用する。建物被害推計結果の検証には、Gokon and Koshimura (2012)の建物被害地図を使用する。

3. 研究手法

(1) 前処理

前処理として、被災前後のTerraSAR-Xの強度画像(Digital Number. 以下、DN値)にキャリブレーションを施し、後方散乱係数への変換を行う。次に、ウィンドウサイズ3×3のEnhanced Leeフィルタにより、SAR画像の再生処理

時に生じる特有のノイズ(スペックル)を除去する(Lopes *et al.*,1990)。最後に、被災前後の画像間の相関に基づき、画像の位置合わせ補正を行う。

(2) 浸水域の抽出

水域は鏡面反射という現象により、低い後方散乱係数を示す特性を持つ。この特性を利用し、まず被災前後のTerraSAR-X画像の閾値処理により冠水域を抽出する。しかし一律な閾値処理では、冠水域の他に建物の影なども抽出されてしまう。これらの建物影等の面積は、冠水域と比較して非常に小さいので、ウィンドウサイズ45×45の大多数フィルタにより冠水域以外の地表物を除去する。次に、ASTER GDEMにより冠水域の標高に制限を設けることにより、津波が到達しない高さの冠水域を除去する。最後に被災前後の冠水域の重複部分を削除し、津波により新しく冠水した領域のみを抽出した後、これらを包絡するような境界線を引き、浸水域を抽出する(図-1(C))。

(3) 住宅域の抽出

次に、Esch *et al.* (2010)の手法に基づき、被災前のTerraSAR-X画像により住宅域を半自動抽出する。本手法は、TerraSAR-XのDN値の処理により得られるSpeckle divergenceが、住宅域において高い値を示す性質を利用したものである。Speckle divergence(以下、SPD)は次式により定義される。

$$SPD = \frac{\sigma}{\mu} - \frac{1}{ENL} \quad (1)$$

ここで、 σ は近傍ピクセル内のDN値の標準偏差、 μ は近傍ピクセル内のDN値の平均値、ENLはEquivalent Number of Looksである。本手法により抽出した住宅域を図-1(D)に示す。

(4) 建物被害の推計

建物被害の推計には、「被災前後の後方散乱係数より得られる相関係数(以下、 R)」と、「被災前後のSPDの差分値(以下、 SPD_{dif})」の2つの変数を使用する。建物が

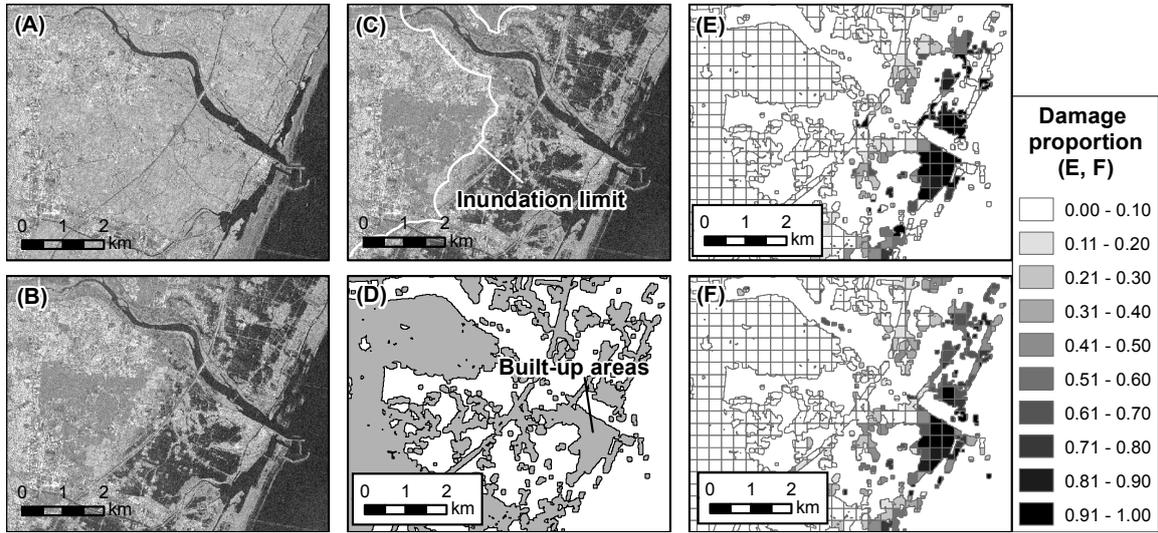


図-1 (A)被災前TerraSAR-X画像, (B)被災後TerraSAR-X画像, (C)浸水域の抽出, (D)住宅域の抽出, (E)実際の建物流失率, (F)推計した建物流失率

流失した場所では、 R は低い値を示し、 SPD_{dif} は負の値を示す傾向がある。一方、建物が残存している場所では、 R は高い値を示し、 SPD_{dif} は正の値を示す傾向がある。本研究ではこれらの性質に着目し、以上2つの変数により建物流失率を予測する流失率推計式を、重回帰分析により構築する。

a) 重回帰分析に使用する変数の計算

まず、抽出した住宅域を300 m × 300 mの解析格子へ分割する。そして、解析格子毎に R の平均値と SPD_{dif} の平均値、建物流失率を計算する。ここで、 R は以下の式により定義される。

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N Ia_i Ib_i - \sum_{i=1}^N Ia_i \sum_{i=1}^N Ib_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N Ia_i^2 - (\sum_{i=1}^N Ia_i)^2} \sqrt{N \sum_{i=1}^N Ib_i^2 - (\sum_{i=1}^N Ib_i)^2}} \quad (2)$$

N はピクセルウインドウサイズの二乗、 Ia_i 、 Ib_i は i 番目のピクセルの被災前後の後方散乱係数である。また、 SPD_{dif} は以下の式により計算する。

$$SPD_{dif} = SPD_{post} - SPD_{pre} \quad (3)$$

ここで、 SPD_{pre} は被災前の SPD 、 SPD_{post} は被災後の SPD である。また解析格子毎の建物流失率は、Gokon and Koshimura (2012)の建物被害地図により、算出した。

b) 重回帰分析と被害推計

解析格子毎に R の平均値と SPD_{dif} の平均値、建物流失率を関連づけ、重回帰分析により流失率推計式を構築した。以下に、構築した流失率推計式を示す。

$$\hat{P}_d = 0.92 - 2.43X_{1i} - 2.16X_{2i} \quad (4)$$

ここで、 \hat{P}_d は推計流失率、 X_{1i} は i 番目の解析格子にお

ける R の平均値、 X_{2i} は i 番目の解析格子における SPD の差分の平均値である。最後に、解析格子毎に計算した R の平均値と SPD_{dif} の平均値へ流失率推計式を掛け合わせるにより、名取市閉上全域の建物流失率を推計した。図-1(E)に実際の建物流失率、図-1(F)に推計した建物流失率を示す。これらの図の比較により、概ね良好に建物流失率を推計できることが確認できる。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に列挙する。(1)被災前後のTerraSAR-X画像とASTER GDEMの画像処理による津波浸水域の抽出手法を開発した。(2)被災前後のTerraSAR-X画像の半自動処理により、建物流失率を半自動で推計する手法を開発した。(3)名取市閉上に構築した推計式を適用したところ、定性的ではあるが概ね良好に流失率を推計できることを確認できた。

参考文献

宇宙システム開発利用推進機構 (2009) : ASTER GDEM, <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>
 Esch, T., T. Michael, S. Andreas, A. Roth, A. Müller and S. Dech (2010) : Delineation of Urban Footprints From TerraSAR-X Data by Analyzing Speckle Characteristics and Intensity Information, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 48, NO. 2
 Gokon H. and S. Koshimura (2012) : Mapping of building damage of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami in Miyagi prefecture, Coastal Engineering Journal 54, 1250010-1-1250010-25
 Lopes, A., R. Touzi and E. Nezry (1990) : Adaptive speckle filters and scene heterogeneity, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 28, NO 6