

合成開口レーダによる津波流況予測手法の検討

東北大学大学院

東北大学大学院

東北大学災害科学国際研究所

学生会員 ○郷右近 英臣

学生会員 林 里美

正 会 員 越村 俊一

1. 序論

津波災害発生後に、広域の津波流況の調査を行うためには、多くの時間と労力を必要とする。また、調査の遅れは、津波痕跡の喪失につながる恐れもある。以上の課題を解決するために、本研究では、広域の情報を短時間で取得可能なりモートセンシング技術により、津波の流況を予測する手法について、検討を行う事を目的とする。

2. 解析対象領域と使用データ

対象領域は、2011年東北地方太平洋沖地震津波により甚大な被害を受けた、宮城県仙台市荒浜地区である。解析には、2010年10月20日（被災前、UTC）と2011年3月12日（被災後、UTC）に津波被災地を撮影した、空間分解能3 mのTerraSAR-X画像を使用した（図-1）。建物域の把握には、株式会社ゼンリンの建物電子地図（Zmap-TOWNII）を使用した。津波流況の予測結果の検証には、Hayashi et al.(2013)により計算された、最大浸水深、最大流速の津波流況空間分布データを使用した。

3. 研究手法

津波流況の予測は、1)TerraSAR-X画像による建物流失率の推計、2)津波被害関数による建物流失率の津波流況への変換、の2段階により実施する。

(1) 建物流失率の推計

建物流失率の推計は、被災前後のTerraSAR-X画像の、1)前処理、2)変化抽出、3)建物域抽出、4)オブジェクトベース解析、5)建物被害推計、の5つの手順により実施する。

a) 前処理

前処理として、被災前後のTerraSAR-Xの強度画像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Leeフィルタにより、スペckルノイズを軽減する (Lopes et al.,1990)。最後に、正規化相互相関により、被災前後の画像の位置合わせ補正を行う。

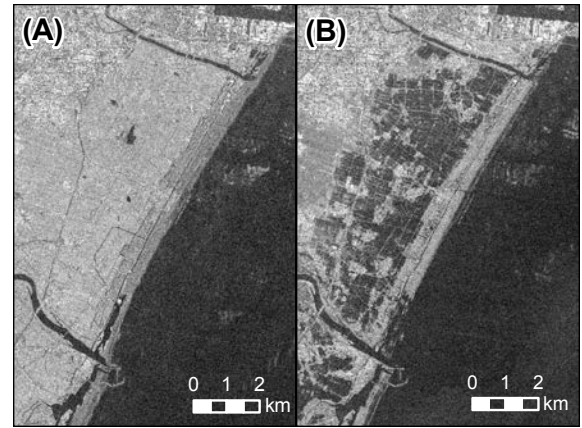


図-1 TerraSAR-X画像((A)被災前、(B)被災後)

b) 変化抽出

被災前後のTerraSAR-X画像の相関係数を計算し、津波により引き起こされた変化を抽出する。相関係数(r)は以下の式により、定義される。

$$r = \frac{N \sum I_{a_i} I_{b_i} - \sum I_{a_i} \sum I_{b_i}}{\sqrt{(N \sum I_{a_i}^2 - (\sum I_{a_i})^2)} \sqrt{(N \sum I_{b_i}^2 - (\sum I_{b_i})^2)}} \quad (1)$$

ここで、 I_{a_i} 、 I_{b_i} は、それぞれ9×9ピクセルウインドウ内における、被災前と被災後のTerraSAR-X画像の*i*番目の後方散乱係数、 $\sum$ はピクセルウインドウ内の*i*の総和である。また、 N は相関係数を計算する際のウインドウ内のピクセル数である。

c) 建物域抽出

被災前後のTerraSAR-X画像において、建物被害に関係する後方散乱係数の変化に着目するために、建物電子地図の、各建物の外郭10 mに包絡線を作成し、それらを互いに結合させることにより、建物域を抽出する。

d) オブジェクトベース解析

相関係数画像は、被害の軽微な領域では高い値を示し、被害の大きな領域では、低い値を示す。一方、残存建物の間に瓦礫が散乱したような領域では、軽微な被害を受けた領域よりはわずかに低い値を示すものの、被害の大きな領域よりは高い値を示す。これらの相関係数の特徴に基づき地表面を分類するために、Region

キーワード: 津波流況, リモートセンシング, 合成開口レーダ, 津波被害関数

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1-E301, TEL: 022-752-2080

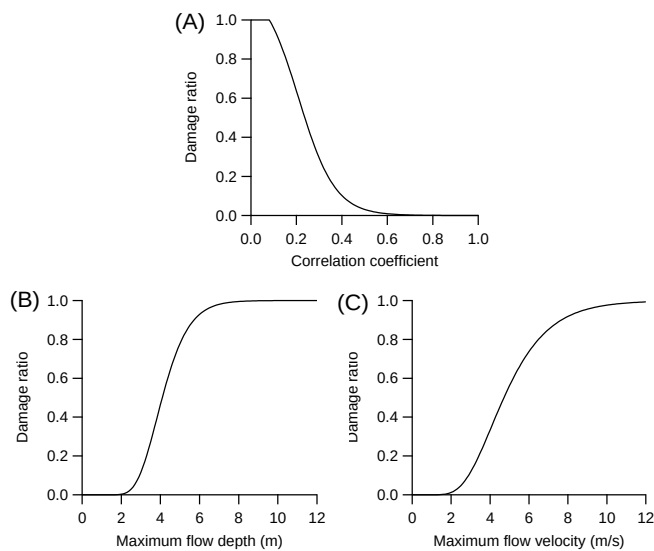


図-2 (A)建物被害率推計式, (B)最大浸水深の津波被害関数, (C)最大流速の津波被害関数

growing法により、オブジェクトへの分類を実施する (Benz et al., 2004)。そして、各オブジェクトに領域内の相関係数の平均値を属性として与える。

e) 建物被害推計

郷右近ら(2014)の建物被害率推計式により、各オブジェクトの建物流失率を推計する。建物被害率推計式は、各オブジェクト毎に推計した相関係数の平均値と、そのオブジェクト内の建物流失率の関係式である(図-2(A))。

(2) 建物流失率の津波流況への変換

林ら(2013)の津波被害関数により、建物流失率推計式により推計した建物流失率を、最大浸水深、最大流速へ変換する。図-2(B),(C)に、解析に使用した木造建物の津波被害関数を示す。そして、Hayashi et al.(2013)の計算した数値解析結果を真値として、予測結果の検証を行う。

4. 結果と考察

最終的に得られた最大浸水深、最大流速の予測結果・数値解析結果を、図-3に示す。両者を比較すると、海岸線付近の「推計建物流失率=1」の地域では、最大浸水深・最大流速ともに過大評価が確認された。これらは、津波被害関数の形状が、流失率=1に近づく程、勾配が小さくなる事により生じたものと考えられる。一方、その他の地域においては、定性的ではあるものの、津波流況の予測結果と数値解析結果の間に良好な整合性が確認された。

5. 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

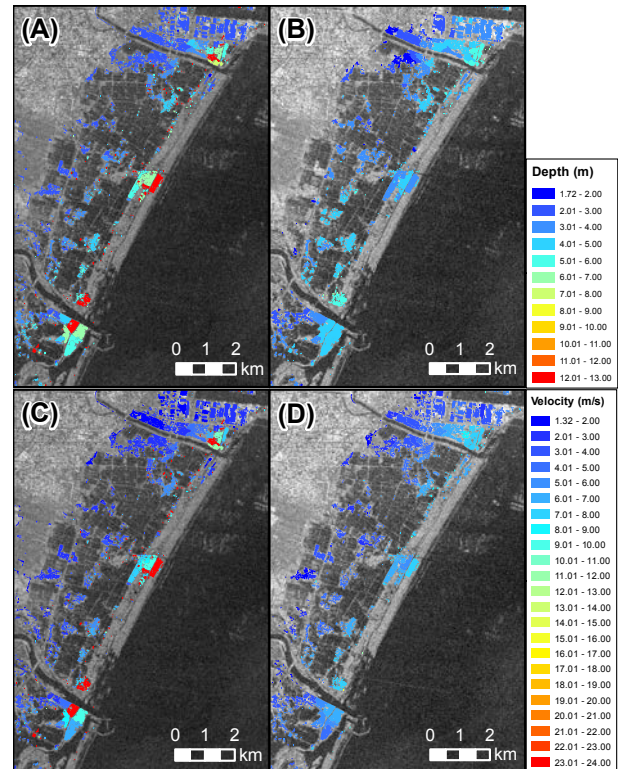


図-3 津波流況の予測結果((A)最大浸水深の予測結果, (B)最大浸水深の数値解析結果, (C)最大流速の予測結果, (D)最大浸水深の数値解析結果)

のTerreSAR-X画像と津波被害関数により、最大浸水深と最大流速を予測する手法を提案し、その検討を行った。(2)建物流失率が1に近い地域では、津波流況を過大評価しやすい事がわかった。(3)その他の地域では、概ね良好に津波流況を予測できる事がわかった。

参 考 文 献

- 株式会社ゼンリン (2011): 住宅地図データベース(Zmap-TOWN II), <http://www.zenrin.co.jp/product/gis/zmap/zmaptown.html>, 参照2011-04-01
- 郷右近英臣, 越村俊一, 松岡昌志 (2014): TerraSAR-X 画像のオブジェクトベース解析による建物被害推計技術の開発, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp. 1481-1485
- 林里美, 成田裕也, 越村俊一 (2013): 東日本大震災における建物被害データと数値解析の統合による津波被害関数, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp. 386-390
- Benz U. C., P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder and M. Heynen (2004): Multi-resolution, Object-oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-ready Information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 58. No. 3, pp.239-258.
- Hayashi S. and S. Koshimura (2013): The 2011 Tohoku Tsunami Flow Velocity Estimation by the Aerial Video Analysis and Numerical Modeling, *Journal of Disaster Research*, Vol.8, No.4, pp. 561-572
- 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