

Pi-SAR2画像を用いた津波被災状況把握についての有効性の検討

東北大学

東北大学東北アジア研究センター

東北大学災害科学国際研究所

東北大学東北アジア研究センター

学生会員 ○神保 大

Koyama Christian

正会員 越村 俊一

佐藤 源之

1. 序論

合成開口レーダ(SAR)はマイクロ波を使用するため、夜間や雲に覆われた状況でも地表の情報を取得することができる。したがって、特に災害時の状況把握に有効であると期待されている。津波浸水による特徴的な被害として、建物の側面部の破壊と建物破壊に伴う大量の瓦礫の発生があり、これらを定量的に把握することは、津波被災状況を把握する上で重要な要素となる。

岩崎ら(2013)は被災前後のSAR画像を用い、SARの斜め照射特性から生ずるレイオーバーに着目し、その領域の変化から建物側面被害状況の把握を試みた。しかし、この手法は被災前後のSAR画像が必要である。一方、瓦礫を量的に把握する手法は、航空写真や光学画像を用いた解析が主流であり、SAR画像を用いた研究例は少ない。

以上を踏まえ、本研究では、1時期のSAR画像から建物側面被害を把握する手法の開発を目的とする。また、多方向から観測されたSAR画像を用いて、瓦礫の高さおよび体積を推定する手法の有効性を示す。

2. 使用データと対象領域

本研究では、**図-1(B)**に示す仙台市上空の4つの飛行パス(3, 4, 8, 9)によって、2013年8月26日(JST)に撮影された航空機搭載高性能合成開口レーダ (Pi-SAR2) の画像を用いる。Pi-SAR2は、Xバンドで多偏波の同時観測が可能である。アジマス分解能は0.3-0.6m, スラントレンジ分解能は0.3-0.5mである。飛行パス3, 4, 8, 9による観測角度(Near, Far)はそれぞれ、(35.4°, 55.4°), (31.3°, 52.3°), (29.3°, 51.2°), (37.4°, 55.4°)である。

これらの画像を用いて、仙台市若林区荒浜(**図-1(C)**)の建物全12棟の側面被害の把握、井土搬入場(**図-1(D)**)における瓦礫全22箇所の高さおよび体積推定を行う。

3. 画像解析

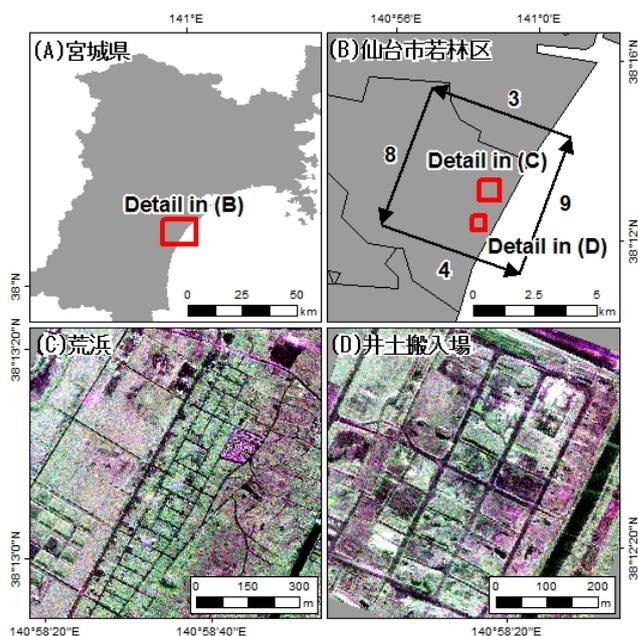


図-1 (A)解析対象領域, (B)Pi-SAR2の飛行パス, (C)荒浜のPi-SAR2画像, (D)井土搬入場のPi-SAR2画像

(1) 前処理

前処理として、SAR画像の再生処理時に生じるノイズ(スペックル)を軽減するために、Gaussian Box-Carフィルタをウィンドウサイズ5×5で適用した。その後、画像の位置合わせを行った。

(2) 建物側面被害の把握

a) レイオーバー範囲の作成

SAR画像上では、斜め照射特性により倒れ込む現象(レイオーバー)が生じ、この長さ L は式(1)で定義される。

$$L = H \cot \theta \quad (1)$$

H は建物の高さ、 θ は観測角度である。この範囲の画素値は建物側面からの受信電力を含んだ値となっている。現地調査によって得た建物高さから、式(1)を用いてレイオーバー範囲を作成した。例として、**図-2(B)**のレイオーバー範囲を**図-2(A)**に示す。この範囲内の画素値から建物側面被害の評価を試みる。しかし、建物の材質や形状、強い反射を示す鉄骨の露出などにより受信電力は大きく変

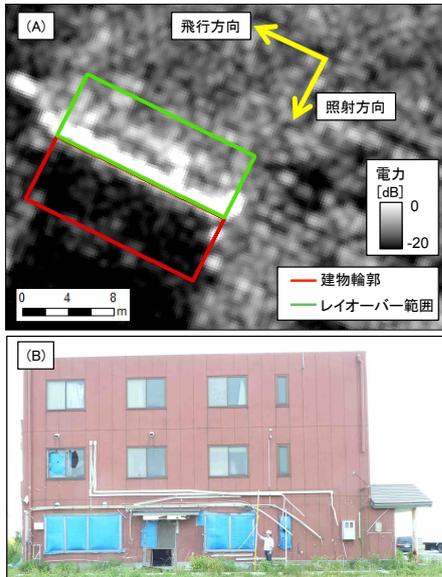


図-2 (A) 建物壁面のレイオーバー範囲 (B) マイクロ波入射側の壁面被害状況

動する。したがって、次に示す散乱モデルによる電力分解を用いる。

b) 散乱モデルによる電力分解

散乱モデルによる電力分解法として、Yamaguchi *et al.*(2006)による山口4成分分解法を用いる。これは受信全電力を4種類の散乱成分(表面散乱, 2回反射, 体積散乱, Helix散乱)の和と仮定し, 散乱メカニズムを解明する手法である。地面と建物のように直角構造を成す場所では, 2回反射が支配的であるという実験的事実から, レイオーバー範囲内における全電力 P のうち, 2回反射電力 P_{Dbi} が占める割合 $Ratio$ を式(2)で定義し, この値を用いて被害評価を行う。

$$Ratio = P_{Dbi}/P \quad (2)$$

建物1棟が4つの壁面から成ると仮定し, 計48の壁面(建物12棟)について検討した。

(3) 瓦礫の高さおよび体積推定

a) 瓦礫の高さ推定

瓦礫の高さの推定には, SARステレオ(Leberl,1990)を用いる。これは2方向から撮影した画像から, 同一地点のSAR画像上のずれ dp を用いて, 高さ h を式(3)で推定する手法である。

$$h = dp/(\cot\theta_i + \cot\theta_j) \quad (3)$$

θ_i, θ_j は各々, 飛行方向 i, j の観測角度を示している。飛行パス3と4の画像から同一地点のずれを計測し, 式(3)から瓦礫の高さを求めた。

b) 瓦礫の体積推定

次に, 瓦礫輪郭を作成し, 得られた輪郭の面積と推定した高さから体積を推定する。瓦礫輪郭は, 各飛行パスに

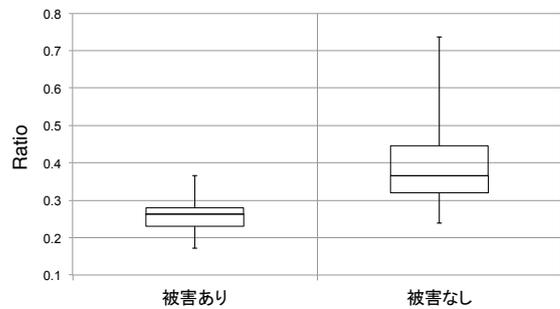


図-3 被害あり, 被害なしの壁面におけるRatioの箱ひげ図
 おいて, 地面と直角構造を成す場所において支配的である2回反射成分を抽出することによって, 目視で作成した。

4. 結果

(1) 建物側面被害の把握

図-3は, 建物側面被害の把握結果を箱ひげ図として示したものである。被害分類基準は, 建物の1階部分の壁面の損壊が半分以上であったら被害あり, 半分以下であったら被害なしとした。箱の下端は第1四分位, 上端は第3四分位を示し, ひげの末端は最大値および最小値, 箱中の実線は中央値を示している。被害ありと被害なしで明確な違いを確認することができる。提案した式(2)を用いることで, 1時期のSAR画像から建物側面被害を把握することが可能であることを示した。

(2) 瓦礫の高さおよび体積推定

現地調査結果をもとに, 推定した高さおよび体積の精度評価を行った。高さ, 体積の相対誤差の平均は各々, 36%, 39%となった。精度としては, やや課題が残るものの, 多方向のSAR画像から瓦礫の高さおよび体積推定が可能であることが示唆される。

5. 結論

本研究で得られた結論を以下に列挙する。(1)1時期のSAR画像から建物側面被害を把握する手法を開発した。(2)多方向から撮影されたSAR画像を用いて, 瓦礫の高さおよび体積を推定する手法が有効であることを示した。

参考文献

岩崎洋志・山崎文雄・リュウウエン・野中崇志・笹川正(2013): 高解像度衛星SAR画像を用いた建物側面の被害把握, 日本地震工学論文集, 第13巻, 第5号
 Y.Yamaguchi, Y.Yajima and H.Yamada(2006):A four-component decomposition of POLSAR images based on the coherency matrix, IEEE Geoscience Remote Sensing Letters, vol.3, no.3, pp.292-296
 Leberl. F(1990):Radargrammetric Image Processing, Artech House, Boston Mass.