

2011年東北地方太平洋沖地震の津波被害域における水占有率と後方散乱係数の関係

The Relationship between Water Occupancy and Backscattering Coefficient
in Affected Areas due to the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami

○篠原 崇之¹, 松岡 昌志¹, リュウ ウェン²
Takayuki SHINOHARA¹, Masashi MATSUOKA¹ and Wen LIU²

¹ 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻

Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology

² 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻

Department of Urban Environment, Chiba University

After the 2011 Tohoku, Japan earthquake tsunami, Landsat ETM+, ALOS PALSAR, and ENVISAT ASAR captured affected areas including Sendai and Ishinomaki cities. In this study, we compared between backscattering coefficients of the ALOS PALSAR and ENVISAT ASAR images and the water fraction information derived from the Spectral Mixture Analysis (SMA) method which applied to the Landsat ETM+ reflectance image. We also discussed the difference of backscattering coefficients in L-band and C-band images.

Keywords: Tsunami, ALOS PALSAR, ENVISAT ASAR, Landsat ETM+, Backscattering Coefficient

1. はじめに

大規模な洪水や台風による被害のように広域にわたる場合には、リモートセンシング技術が有効となるが、一般的に用いられている浸水域を把握する手法は災害前の衛星画像との比較による変化抽出に基づくため、いつでも適用できるわけではなく、さらに、定量的な評価が必要もしも行われていない。

本研究では災害後に得られた衛星画像のみから浸水域を定量的に評価するために Spectral Mixture Analysis (SMA)¹⁾ を東北地方太平洋沖地震津波後の Landsat ETM+画像へ適用し、各ピクセルにおける定量的な水占有率を算出した。さらに、その結果を用いて、水占有率と ALOS PALSAR (L-band) と ENVISAT ASAR (C-band) における後方散乱係数の関係を議論し、災害後に観測された合成開口レーダ (SAR) からの定量的な浸水被害の評価を試みる。

2. Landsat ETM+による水占有率の推定

本研究では、USGS Landsat Climate Data Records Landsat ETM+の反射率画像を用いた。画像取得日は 2011 年 3 月 12 日および 2011 年 3 月 28 日の二時期であり、地上解像度が 30m の可視から中間赤外の 6 バンドを使用した。また、USGS のデータに含まれる海、雲、雲の影のマスクを利用した。対象地域は東北地方太平洋沖地震津波によって浸水を受けた仙台平野とした(図 1)。

Spectral Mixture Analysis (SMA) を適用することで、Landsat 画像の各ピクセル内の水占有率等を求めた²⁾。SMA によって Landsat ETM+画像から各ピクセルの水占有率が得られるが、ストライプ状のデータ欠損や被雲による影響があるため、画像全域について均一に水占有率を推定出来ないという欠点がある。

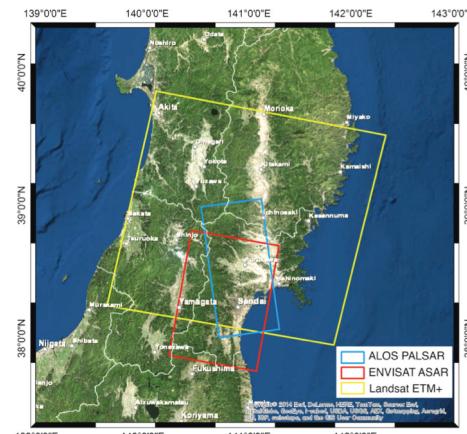


図 1 Landsat ETM+および ALOS PALSAR, ENVISAT ASAR 画像の範囲。背景画像は ESRI's base map (衛星画像) を用いた。

3. SAR 画像による浸水域の推定

(1) データセットおよび対象地域

ALOS PALSAR および ENVISAT ASAR 画像は津波発生後であり、Landsat ETM+画像とほぼ同じ範囲内のものを選択した(表 1)。

表 1 SAR 画像の詳細

| 取得日 | 入射角 | 波長帯 | 偏波 | プロダクト |
|------------------|-------|--------|----|-------|
| PALSAR 2011/3/13 | 43.4° | L-band | HH | 強度 |
| ASAR 2011/3/22 | 40.7° | C-band | VV | SLC |

(2) SMA 結果と後方散乱係数の比較

ALOS PALSAR の強度画像と ENVISAT ASAR の SLC 画像をそれぞれ後方散乱係数へ変換し^{3),4)}、SMA による

水占有率の情報と比較することで、後方散乱係数から浸水被害を評価する。

PALSAR と ASAR の観測日には 9 日の差があるため、津波発生後に長期にわたって浸水している地域を選定する。ここでは、3月 12 日と 3月 28 日の Landsat による水占有率で誤差が 15%以内のピクセルを抽出した。そして、抽出したピクセルにおいて後方散乱係数と水占有率の関係を調べた。APLSAR と ASAR の後方散乱係数画像を Landsat ETM+画像と同じく 30m にリサンプリングし、SMA によって得られた 3月 28 日の水占有率画像に重ね合わせた。そして、ASTER GDEM の標高値が 1~50m の地域について、両画像からピクセル値を抽出した。SMA による水占有率が 70~100% の範囲について後方散乱係数の平均値と標準偏差を算出した結果を図 2 に示す。同じ水占有率であっても後方散乱係数の標準偏差の値が大きい。しかし、平均値をみると、水占有率が大きい地域は後方散乱係数の値が小さくなる傾向がある。

ALOS PALSAR と ENVISAT ASAR を比較すると、同じ水占有率であっても、PALSAR の方が ASAR よりも後方散乱係数の値が小さいことがわかる。水面の凹凸や誘電率に起因した後方散乱特性が L-band (PALSAR) と C-band (ASAR) では違うことが影響していると思われる。

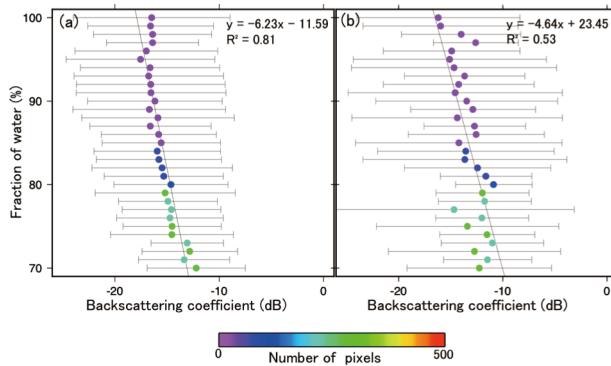


図 2 Landsat ETM+画像に SMA を適用して推定した水占有率と後方散乱係数の関係（平均値シンボルの色は統計量の算出に用いたピクセル数に対応）(a) ALOS PALSAR (観測日 2011/3/13), (b) ENVISAT ASAR(観測日 2011/3/22)

(3) SAR 画像を用いた水占有率

水占有率と後方散乱係数の関係が直線的であると考えて、津波発生後に観測された SAR 画像の後方散乱係数を用いて浸水評価を行った。後方散乱係数から水占有率へ換算した結果の画像を図 3 に示す。ASAR では水占有率の高い地域が沿岸部に分布しているのに対し、PALSAR では沿岸部の他に内陸部まで水占有率がやや高く推定される。L-band における水域の後方散乱係数は土壤における値と近く、誤分類されていると考えられる。C-band では水域と土壤の後方散乱係数に大きな違いがあるため、ASAR のほうが水域抽出に適しているという既往研究⁵⁾と矛盾しない。

4. まとめ

本研究では東北地方太平洋沖地震津波後の浸水域を対象に、Landsat ETM+画像から SMA を用いて得られた水占有率と ALOS PALSAR, ENVISAT ASAR の後方散乱係数を比較した。両者の関係はバラツキが大きいものの、C-band の ASAR の方が L-band の PALSAR よりも水占有率の推定に適していることが示唆される。

謝辞

Landsat ETM+は USGS の Landsat Surface Reflectance Climate Data Record を使用した。ALOS PALSAR は METI と JAXA が所有する。ENVISAT ASAR は ESA が所有し、Geohazard Supersites and Natural laboratories が公開しているデータを使用した。本研究の一部は科研費（課題番号 : 25282117）による。関係各位に記して謝意を表する。

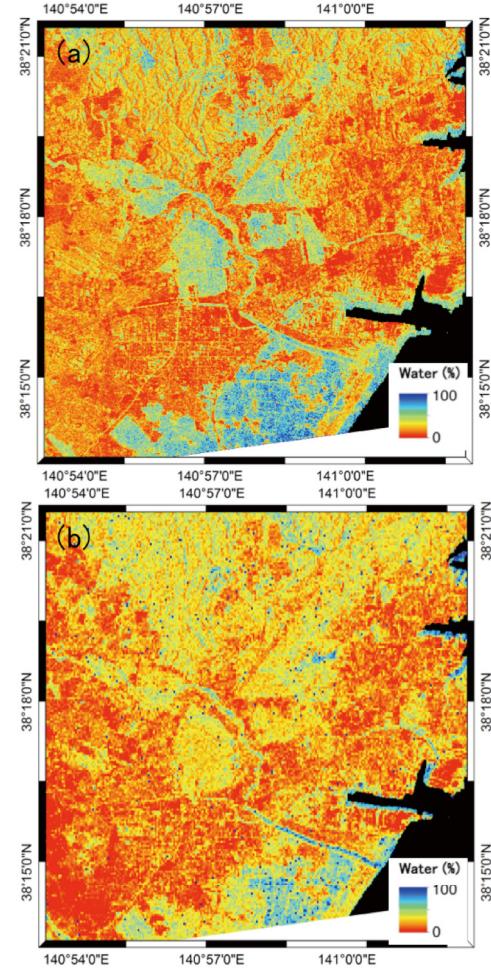


図 3 後方散乱係数画像から算出した仙台平野における水占有率マップ。(a) ALOS PALSAR (観測日 2011/3/13), (b) ENVISAT ASAR(観測日 2011/3/22)

参考文献

- 1) Wu, C., and Murray, A. T.: Estimating impervious surface distribution by spectral mixture analysis, *Remote Sensing of Environment*, Vol.84, No.4, pp.493–505, 2003.
- 2) 篠原崇之ほか：光学衛星画像を用いた混合スペクトル解析に基づく浸水度の定量推定と SAR 画像を組み合わせた東北地方太平洋沖地震津波への適用, 第 14 回日本地震工学シンポジウム, 2014 (印刷中)
- 3) 宇宙航空研究開発機構：ALOS/PALSAR レベル 1.1/1.5 プロダクトフォーマット説明書【和文版】
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/doc/fdata/PALSAR_x_Format_JL.pdf
- 4) Array Systems Computing Inc.: Help-Calibration
<http://www.array.ca/nest-web/help/operators/CalibrationOp.html>
- 5) Quegan, Shaun, et al.: Land use/cover classification and rice mapping based on Envisat ASAR data, "The 2005 Dragon Symposium," Mid-Term results, 2005.