

ASTER と TerraSAR-X 画像を用いた 2011 年タイ洪水における浸水域の把握

Detection of Flooded Areas Following the 2011 Thailand Floods Using ASTER and TerraSAR-X Data

嶋影純¹・山崎文雄²・リュウ ウェン³・野中崇志⁴・笹川正⁴
Jun Shimakage, Fumio Yamazaki, Wen Liu, Takashi Nonaka and Tadashi Sasagawa

Abstract : In this study, the flooded areas following the 2011 Thailand floods were extracted using VNIR and TIR images of ASTER and ScanSAR-mode images of TerraSAR-X. The water body was easily recognized for open spaces from the NDVI value. The surface temperature was also found to be effective in detecting floods in a wide open space although it is limited by its coarse spatial resolution. The SAR intensity images were the most effective because water surfaces showed weak backscatter and they can be acquired at nighttime and under cloud-cover conditions. The extracted results were validated by a high-resolution optical satellite image.

Keywords : Floods, synthetic aperture radar, optical sensors, thermal sensors

1. はじめに

2011年秋にタイ中部のチャオプラヤ川流域において大規模な洪水が発生した¹⁾。大量の水が広い範囲を浸水させながら流下し、長期間に渡って甚大な被害をもたらした。この大洪水によって、タイの77都県中の44都県、国土面積の約9%が浸水した。複数の工業団地も被災し、自動車や電機等の国際企業のサプライチェーンを寸断させ、その影響は世界中に波及した。

このような広域にわたる災害を把握するには、衛星リモートセンシングが有用である。本研究では、ASTERによる可視近赤外画像(VNIR, 地上分解能15m)と熱赤外画像(TIR, 地上分解能90m)、TerraSAR-XのScanSARモードによる強度画像を用いて、2011年のタイ中部洪水の把握を試みる。これらの画像から抽出された浸水範囲を、高分解能Ikonos衛星画像と現地調査データに基づいて検証する²⁾。

2. 対象地域と ASTER 画像

本研究では、対象地域をチャオプラヤ川下流域の幅約30km長さ約110kmに設定する(Fig. 1のASTER)。この地域には、タイの政治・経済の中心である首都バンコク、世界遺産の古都アユタヤ、交通の拠点のスワンナプーム、ドンムアン両空港などが存在するとともに、タイ工業団地公社が運営する多くの工業団地が存在している。

浸水域が広域にわたるので、ASTERセンサが観測した衛星リモートセンシングデータを採用する。ASTERは、1999年12月に打ち上げられたNASAのTerra衛星に搭載されている。日本の通商産業省(当時)が開発した高性能光学センサであるASTERは、可視近赤外 (VNIR,

地上分解能15m) 3バンド、短波長赤外 (SWIR, 地上分解能30m, 故障中) 6バンド、熱赤外 (TIR, 地上分解能90m) 5バンドの計14チャンネルを有している³⁾。本研究において使用するのは、このうちのVNIRのband 1 (G), 2 (R), 3 (NIR)とTIRのband 10である。

事前画像としては2009年12月13日に、事後画像としては2011年11月17日に観測されたデータを使用する。いずれも、VNIRとTIRが同時に観測されており、UTC (世界標準時)で3:48と4:10の間、タイ標準時で表すと午前10:48と11:10の間に観測された画像である。およそ54km×13kmの範囲(赤枠内)を検討対象地域として設定した(Fig. 1)。

異なる VNIR バンド間の分光反射率から、正規化植生指標 (NDVI) は次式で求まる。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

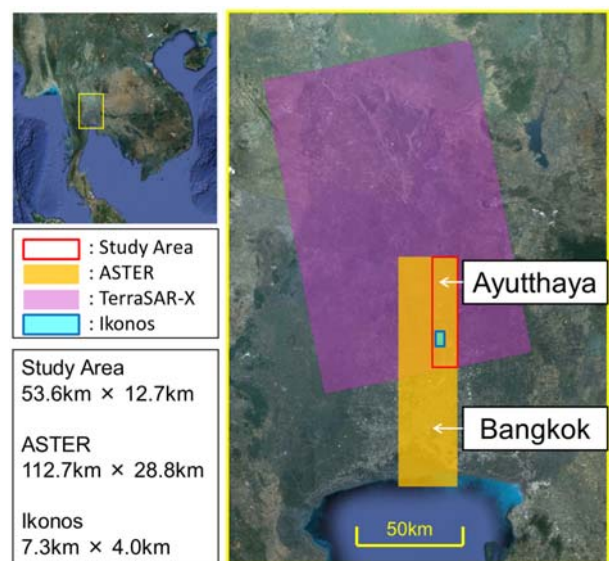


Fig. 1 The Chao Phraya River basin and the areas covered by satellite images used in this study

¹学生会員 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻

²正会員 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻

(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

(連絡先 Tel: 043-290-3528 E-mail: j.shimakage@chiba-u.jp)

³正会員 東京工業大学 総合理工学研究科

⁴正会員 株式会社パソコ衛星事業部

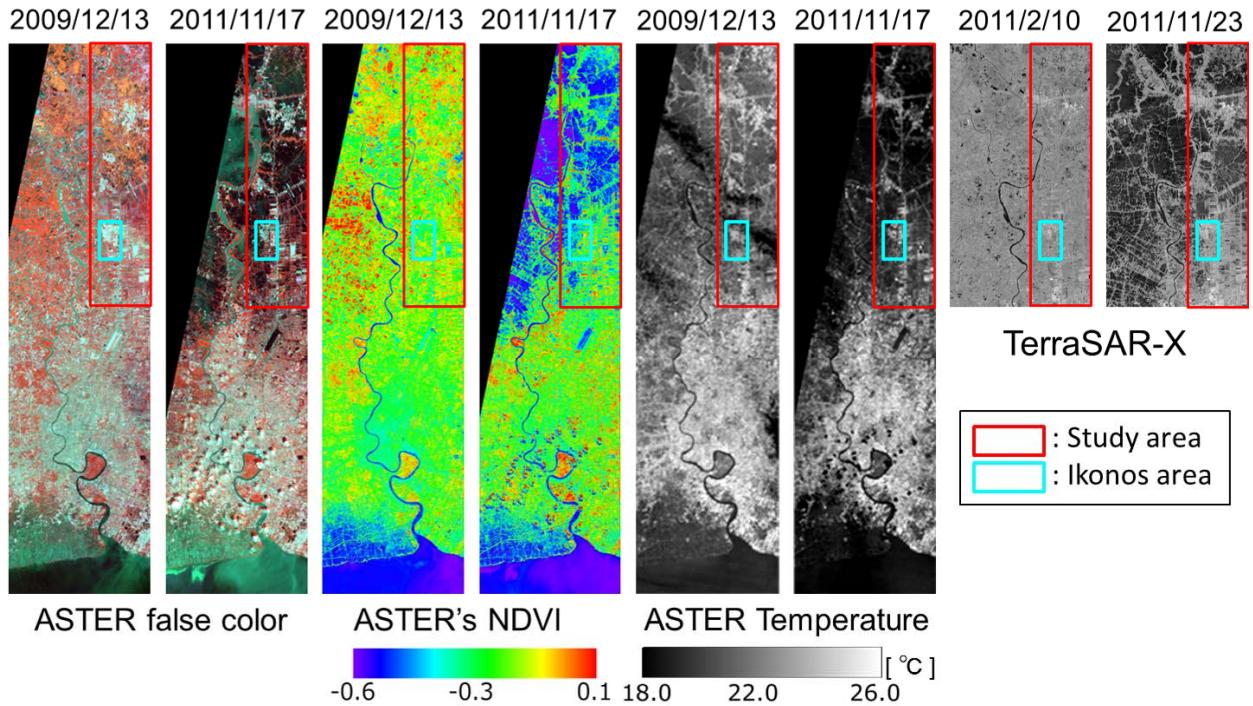


Fig. 2 Comparison of false color composite, NDVI, and surface-temperature obtained from ASTER's VNIR and TIR bands and the backscattering coefficient σ_0 from TerraSAR-X for the pre-flood and in-flood periods

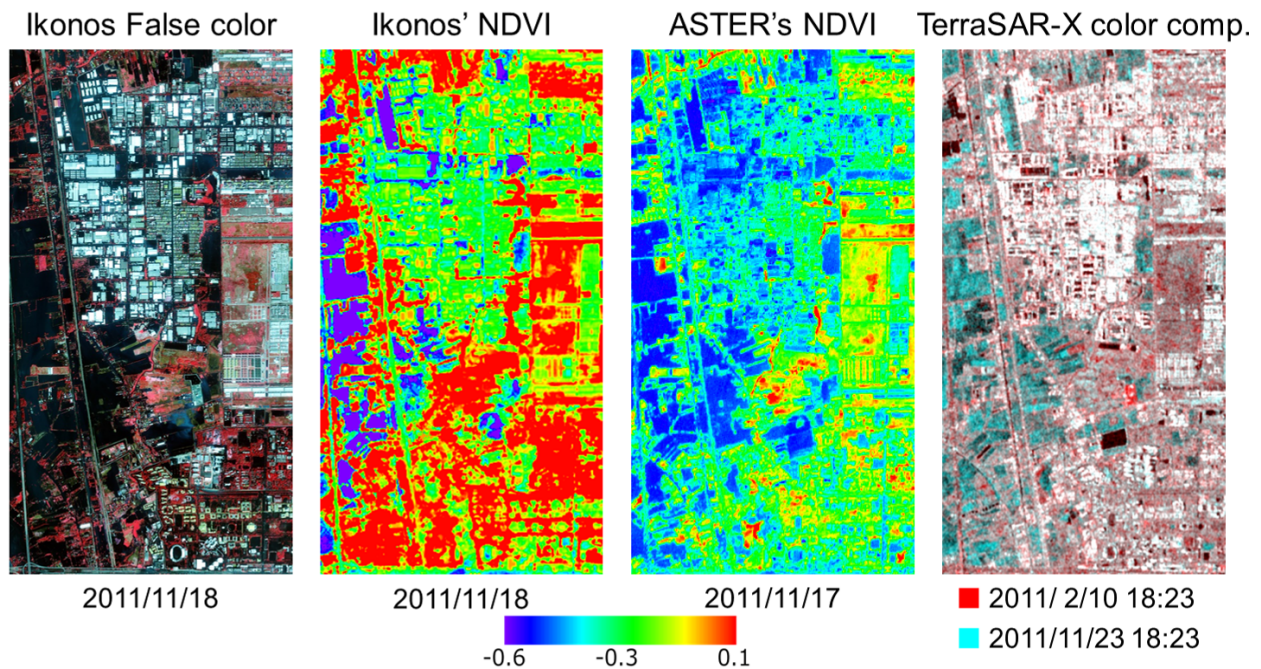


Fig. 3 In-flood Ikonos image including Navanakorn Industrial Estate, AIT and Thammasat University, and its NDVI compared with ASTER's NDVI and TerraSAR-X color composite images

ここで、NIR は band 3, R は band 2 の反射率を表している。NDVI は植生の活性度を表す指標で、浸水域においてこの値は低くなる。Fig. 2 に示すように、ASTER の NDVI 画像から容易に NDVI 値が低い部分が水域と判読できる。

3. Ikonos と ASTER の可視近赤外面像による浸水域検討

ASTER による NDVI と表面温度の閾値を設定することによって、広域の浸水域を推定する。閾値を決定するために、ナワナコン工業団地とアジア工科大学(AIT), タマサート大学ランシットキャンパス

を含むエリアで、2011年11月18日11時4分(現地時刻)に観測された高解像度 Ikonos 画像と 7.3km×4.0km の範囲 (Fig. 1 の Ikonos)において比較する。

Ikonos は解像度 1m のパンクロマティックバンドと解像度 4m のマルチスペクトルバンド(B, G, R, NIR)を有している。本研究ではこのうち、マルチスペクトルバンドのみを用いる。Fig. 3 には、洪水時の現地時間 2011年11月18日11時4分に観測された VNIR によるフォーカスカラー画像と NDVI 画像を示した。洪水時のデータから浸水域を目視で決定して、NDVI の閾値を決定する。Fig. 4 (a)に抽出した浸水域を示している。その閾値は、 $NDVI \leq -0.36$ である。画像の範囲内での浸水面積比はおよそ 29.5%である。

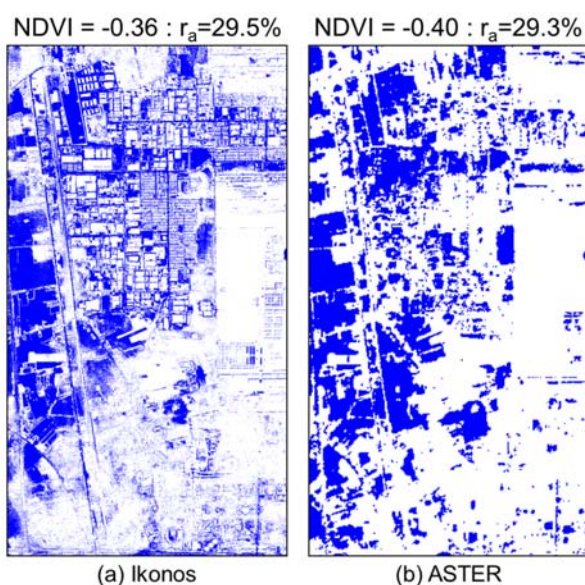


Fig. 4 Estimated flooded areas from the Ikonos (a) and ASTER (b) images

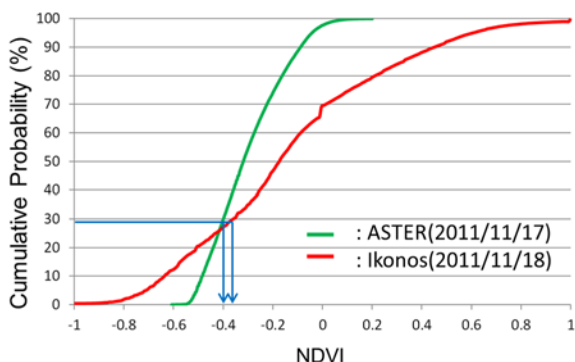


Fig. 5 Comparison of Ikonos' and ASTER's NDVI cumulative probability plots for the Ikonos's image area

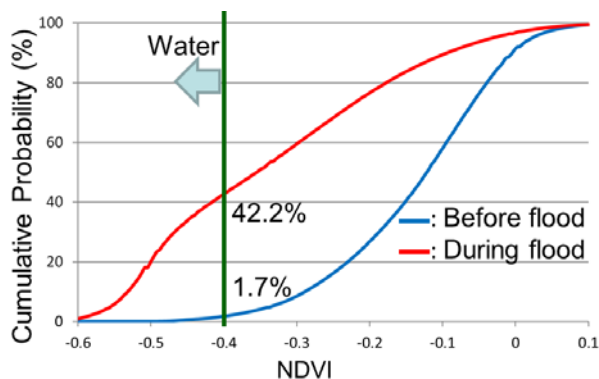


Fig. 6 Comparison of before flood and during flood ASTER's NDVI cumulative probability plots for the study area

この Ikonos エリア内の浸水域が 29.5%という面積比を、ASTER の VNIR による NDVI 値で再現すると、 $NDVI \leq -0.40$ になる。そのときの図が Fig. 4(b) である。Ikonos エリアにおける Ikonos と ASTER それぞれの観測データによる NDVI 値の累積分布を Fig. 5 に示した。同じ範囲なのに分布が異なっている要因として、観測日時、解像度、観測角度の違い等が影響していると推測できる。

この NDVI 閾値を ASTER エリア全体に適用する。NDVI 値の累積分布を Fig. 6 に示す。ASTER エリアの水域は、洪水中で 42.2%という値になる。また、この NDVI から、洪水前の時点で水域だった範囲は 1.7%と推察される。

4. ASTER の温度画像による浸水域検出

熱赤外センサは、昼間と夜間のいずれにおいても観測が可能である。津波による浸水被害⁴⁾など広域災害の迅速な把握において、夜間の観測が行えることが大きな利点といえる。熱赤外バンド(TIR)は VNIR に比べて解像度が劣るため、昼間の観測では不利である。本研究では晴天の昼間であるが、浸水域の抽出する能力を調べるために、ASTER の TIR バンドを使用する。

表面温度は、TIR の band10 を変換して表される。Fig. 2 に洪水前と洪水時の表面温度を示す。今回使用したデータはいずれも昼間に観測されたものなので、比熱の関係から水域が周囲に比べると表面温度が低い。ゆえに、この相対的に温度の低い範囲を水域と推測できる。

表面温度の累積分布を Fig. 7 に示す。ASTER エリアの浸水域が 42.2%という面積比を ASTER の TIR によるデータで再現すると 19.1 °C 以下になる。また、洪水前から水域だった地点が 5.4%存在していたということになる。NDVI 値によって抽出した面積より広いのは、一部に薄い雲がかかっていたことが原因ではないかと思われる。

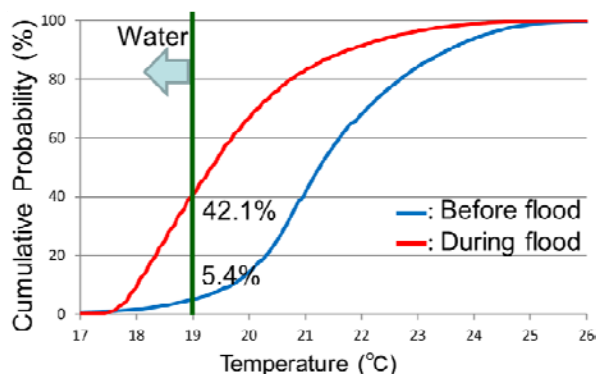


Fig. 7 Comparison of before flood and during flood ASTER' temperature cumulative probabilities for the study area

5. TerraSAR-X 画像による浸水域検討

マイクロ波センサは、夜間や曇天時での観測が可能であり、災害発生時すぐに観測データが得られることが期待される。本研究では晴天の昼間であるが、浸水域を抽出する能力を調べるために、TerraSAR-Xによるデータを使用する。

2 時期の TerraSAR-X (TSX)画像を Fig. 2 に示す。洪水前のデータは 2010 年 2 月 11 日 18 時 23 分、洪水中的数据は 2011 年 11 月 23 日 18 時 23 分に観測されたものである(いずれも現地時刻)。画像の中心における入射角は 36.23°, モードは ScanSAR, プロダクトは EEC (Enhanced Ellipsoid Corrected), 上昇軌道から HH 偏波による観測であり、ピクセルサイズは 16m である。

浸水域を抽出する前に、2 つの前処理を適用した。まず、後方散乱強度を単位面積当たりのレーダー反射率を表す後方散乱係数(σ_0)に変換する。次にスペックルノイズを低減するために、後方散乱係数に 3×3 のウィンドウの Lee フィルターを適用する。

Fig. 3 に、洪水前を(青+緑)、洪水前中を(赤)としたカラー合成画像を示している。シアンの部分は、後方散乱係数が洪水前と比較して洪水前中に低下した箇所である。その範囲はマイクロ波の後方散乱が小さい、つまり鏡面反射するという事で水面だと推測できる。後方散乱係数の累積分布を Fig. 8 に示す。ASTER エリアの浸水域が 42.2%という面積比を TerraSAR-X データから再現すると-12.3dB 以下になる。なお、この閾値からは洪水前中から水域だった範囲が 12.7%存在していたということになる。

SAR では斜め観測していることや、観測時期の違いから、水域と判定される範囲が異なっている可能性もある。水面で反射した後に建物でさらに反射することで、洪水前中の水域において、洪水前より後方散乱が大きくなってしまふことも考えられる。

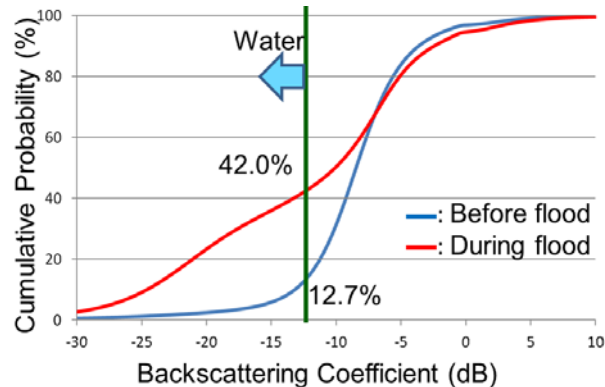


Fig. 8 Comparison of before flood and during flood TerraSAR-X's σ_0 cumulative probabilities for the study area

6. まとめ

本研究では、ASTER の可視近赤外画像と熱赤外画像、TerraSAR-X の強度画像を用いて 2011 年タイ洪水による浸水域の把握を行った。まず高分解能 Ikonos 画像から選択した範囲での浸水域を把握した。Ikonos と ASTER の画像を比較することで水域における NDVI の閾値を決定した。木や建物のないオープンスペースでは、ASTER の NDVI から浸水域の把握が容易に行えた。熱赤外画像は空間分解能が低いので、広いオープンスペースにおいてのみ浸水域を把握できた。SAR 画像は夜間や曇天時にも観測可能で、その低い後方散乱係数によって、浸水域を特定すること可能であった。

【参考文献】

- 1) Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA), Thailand Flood Monitoring System, 2011. : <http://flood.gistda.or.th/>
- 2) J. Shimakage, and F. Yamazaki, Detection of flooded areas following the 2011 Thailand floods using ASTER images, Proc. 33rd Asian Conference on Remote Sensing, Pattaya Beach, CD-ROM, 8p, 2012.
- 3) Jet Propulsion Laboratory (JPL), ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.
URL: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/instrument.asp>
- 4) D. Hanada, and F. Yamazaki, “Detection of the Flooded Area by the 2011 Tohoku Earthquake/Tsunami using ASTER Thermal Infrared Images,” 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo Institute of Technology, 235-239, 2012.