



ASTER 熱赤外面像を用いた 2011 年東日本大震災における津波被害把握

花田大輝¹⁾、山崎文雄²⁾

1) 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻、大学院生

e-mail : d.hanada@chiba-u.jp

2) 正会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻、教授 工博

e-mail : fumio.yamazaki@faculty.chiba-u.jp

要約

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波によって甚大な人的・物的被害が生じた。津波被害把握には衛星可視画像の利用が容易であるが、夜間には撮影することができず、空白の時間が生じる。一方熱赤外センサは、空間分解能は劣るが、夜間でも撮影可能であり、温度分布により津波浸水地域の把握が可能と考えられる。本研究では、地震前後のASTER熱赤外バンド画像を重ね合わせ、温度の差を取ることで浸水被害地域の抽出を行った。これを同時期のフォールスカラー画像、および国土地理院により作成された浸水マップと比較した結果、昼夜を問わず比較的良好な抽出結果が得られることを確認した。また、同時期のNDVI画像と比較した結果、熱赤外面像は解像度は劣るものの、湛水域の把握においてはNDVI画像と高い相関があることが確認でき、その利用は津波のような大規模災害においては有効であることを確認した。

キーワード：津波, ASTER, 熱赤外面像, NDVI, 湛水域

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北地方の太平洋沿岸を中心に甚大な被害が発生した¹⁾。中でも津波による被害は甚大で、交通・情報が遮断されたことにより状況把握が困難となった。地震被害の早期把握は、迅速な災害対応をとるために極めて重要である。地震被害の把握には衛星リモートセンシングが多く用いられており、地上からのアクセスが困難な地域や被害が広域にわたる場合に力を発揮している²⁾⁴⁾。津波等の被害把握には衛星光学センサ画像や空撮画像から目視判読することが容易であるが、これには多くの時間を要する。衛星画像からの津波被害の自動抽出方法として、ASTERセンサによるNDVI・NDSI・NDWI指標を用いて浸水被害を把握する方法が挙げられる^{5) 6)}。しかし、衛星画像の多くは可視域や近赤外域の光を利用しているため、太陽光のない夜間においては利用が困難であり、空白の時間が生じてしまう。

一方、熱放射を観測する熱赤外センサでは太陽光に依存しないため、昼夜関係なく利用することが可能である⁷⁾。山崎ら⁸⁾は、都市域を撮影した空撮熱赤外面像により、構造物や道路、植生などの土地被覆ごとの輪郭をはっきりと得ることができることを確認した。衛星画像は空撮画像よりも解像度が劣るが、津波浸水被害のようなスケールの大きい被害把握を行うことが可能である⁹⁾。衛星熱赤外センサ画像を用いることで、津波浸水域における温度変化により容易・迅速に津波被害把握を行うことが可能と

なり、夜間における空白の時間をなくすことができる。本研究では、地震前後における昼夜それぞれの ASTER 熱赤外バンド画像を重ね合わせ、温度の差分を取ることで浸水被害地域の抽出を行った。フォーカスカラー画像、国土地理院により作成された浸水範囲概況図¹⁰⁾と比較し、抽出精度について検討した。また本研究では、異なる年の同季節における昼間に撮影された、ASTER 可視・近赤外バンドによる NDVI 画像と重ね合わせ差分を取ることで、熱赤外バンド画像と NDVI 画像との相関性を示した。熱赤外バンド画像の利用拡大を図り、今後の津波被害の早期把握に繋げることを目的とする。

2. 研究手法

2.1 使用データ

本研究では、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波浸水域の把握を行う。対象地域としては、津波被害の大きかった福島県相馬市周辺と宮城県石巻市周辺を取り上げた(図 1, 2)。地震前後の熱赤外バンド画像の差分を取ることで、津波被害の把握を試みる。気温や植生等の条件をできるだけ揃えるため、異なる年の同じ時期に撮影された画像を用いた。それぞれの画像の撮影日、地上気温の詳細¹¹⁾を表 1, 2 に示す。図 1a, 1b は、相馬市周辺の夜間における連続する 2 枚の ASTER 熱赤外バンド画像をモザイク処理し、レインボーカラーで表示したものである。図 1a の上の画像は 2010 年 2 月 21 日、下の画像は 2008 年 1 月 15 日に撮影されたものであるため、不連続となっている。一方、図 1b は 2011 年 3 月 12 日に撮影された 2 枚の画像を組み合わせたものであり、いずれも午後 9 時 30 分頃に撮影された連続した画像である。これらの画像の気温条件はほぼ等しいものとなっている。図 2a, 2b は、石巻市周辺の昼間における ASTER 熱赤外バンド画像をレインボーカラーで表示したものであり、それぞれ 2009 年 4 月 7 日、2011 年 4 月 6 日の午前 10 時 30 分頃に撮影されたものである。気温条件は概ね等しいものとなっている。石巻市の事後画像では、地震発生よりおよそ 1 ヶ月後の画像を利用して

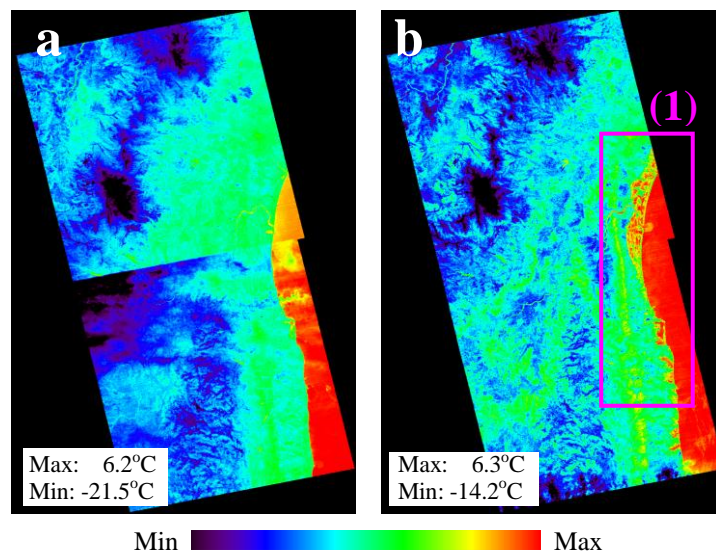


図 1 相馬市周辺における夜間の ASTER 熱赤外バンド画像, a: 事前画像, b: 事後画像。

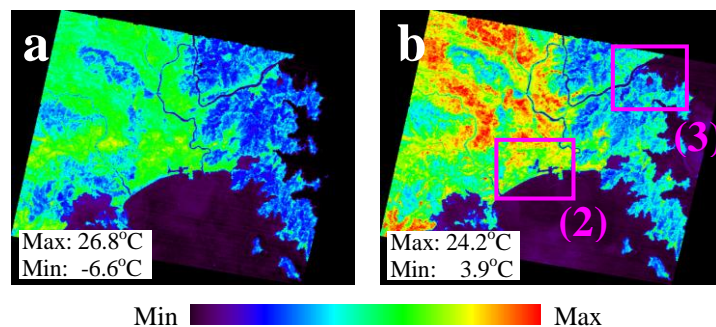


図 2 石巻市周辺における昼間の ASTER 熱赤外バンド画像, a: 事前画像, b: 事後画像。

表 1 本研究に用いる画像の撮影日時 (JST)

	ASTER 熱赤外バンド画像 (解像度: 90m)		ASTER フォールスカラー・NDVI 画像 (解像度: 15m, いずれも昼間画像のみ)	
	事前画像	事後画像	事前画像	事後画像
相馬市	上: 2010/2/21, 21:36 下: 2008/1/15, 21:36	2011/3/12, 21:36	2009/4/7, 10:33	2011/3/19, 10:38
石巻市	2009/4/7, 10:33	2011/4/6, 10:26	2009/4/7, 10:33	2011/4/6, 10:26

表 2 それぞれの画像撮影日における地上気温の目安 (仙台市)

画像撮影日 (月で並べ替え)	気温 (°C)	
	最高	最低
2008 / 1 / 15	5.3	-1.1
2010 / 2 / 21	6.4	-1.6
2011 / 3 / 12	8.8	-1.1
2011 / 3 / 19	14.3	-0.8
2011 / 4 / 6	18.6	2.6
2009 / 4 / 7	19.6	6.2

いるが、地震後における雲のない昼間熱赤外バンド画像として直近のものであるためである。ASTER 画像は雲があると利用は難しいが、今後航空機やヘリコプターを利用した空撮熱赤外バンド画像の利用も想定し、検証データを増やすためにもこの画像を用いた。またこの地域では、津波被災よりおよそ1ヶ月経過しているにもかかわらず水が溜まったままとなっており、湛水域を把握する必要が十分にある。なお、ここで用いた熱赤外バンド画像は全てレベル 1B プロダクトであり、デジタルナンバーを放射輝度に変換¹²⁾した後、温度値に簡易的に変換して用いた¹³⁾。

2.2 前後熱赤外画像の差分抽出による湛水域の推定

ASTERは可視近赤外 (VNIR)、短波長赤外 (SWIR)、熱赤外 (TIR) の3つの帯域を有し、計14のバンドを持つ。熱赤外バンドにはバンド10からバンド14の5種類があり、それぞれ8.125~8.475 μm 、8.475~8.825 μm 、8.925~9.275 μm 、10.25~10.95 μm 、10.95~11.65 μm の波長帯を観測することができる¹⁴⁾。これらから推定される地表面温度はいずれも近い値であったため、今回は、全てバンド10の画像を用いて検討を行った。ASTER熱赤外バンドの空間分解能は90mであるため、検出できる変化は100mオーダーの広がりが必要となる。

それぞれの前後画像の温度の差分を取ることで、視覚的に温度変化を把握する。水域は熱容量が大きく、図1、2の昼夜それぞれの海水域を見てもわかるように、他の土地被覆と比較して熱しにくく冷めにくいという温度特性を持っている。そのため、昼間の画像においては地震後に温度が低下した箇所、夜間の画像においては地震後に温度が上昇した箇所を津波による湛水域として抽出し、同時期に撮影されたASTERの可視・近赤外バンドによる昼間のフォールスカラー画像と比較することで、水域抽出の精度について検討する。ここで、フォールスカラー画像はR:近赤外バンド、G:可視赤色バンド、B:可視緑色バンドを割り当てることで得ることができ、近赤外の反射が強い植生ほど赤く示される画像である。植生のない市街地などは白色や灰色を示し、水域は黒に近い暗い色を示す。

2.3 熱赤外画像とASTERによるNDVI画像との比較

熱赤外バンド画像と同じような環境の時期に撮影されたASTERの可視・近赤外バンドによる正規化植生指標 (NDVI) 画像を用いて両者の差分を取ることで、津波浸水域の把握における熱赤外バンド画像の有効性について検討を行った。ここで、NDVIは以下の式で計算される指標である¹⁵⁾。

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

ここで、Rは可視赤色バンドの反射率、NIRは近赤外バンドの反射率を表している。NDVIは-1から1の範囲の数値で表され、植生ほど高く、水域ほど低くなる。

まず、地震前後のNDVI画像を作成し、それらの差分 (Δ NDVI) を計算した。湛水域は、NDVI画像・昼間熱赤外バンド画像では低い値を示し、夜間熱赤外バンド画像では高い値を示す。そのため、比較する前後熱赤外差分 (Δ Temp) 画像が夜間のものである場合は、 Δ NDVI画像の上限値と下限値を反転して用いた。次に差分を計算するにあたり、両者の上下限値をヒストグラムをもとに簡易的に統一した。最後に、 Δ Temp画像と Δ NDVI画像との差分を取ることで、両者の相関性について評価を行った。災害被害把握における可視・近赤外バンド画像と熱赤外バンド画像との利便性について比較・検討した。

3. 検討結果

3.1 相馬市周辺における夜間の湛水域把握

相馬市における事例では、夜間の画像を用いて検討を行った。地震後熱赤外バンド画像は、地震の翌日に撮影されたものである。ここでは、夜間の画像であるため温度が上がった箇所を湛水域として抽出した。図1b (1)における前後熱赤外バンド画像の差分を取り、差分が -1.8°C から 6.0°C の範囲で表示したものを図3aに示す。図3bにおける赤色の箇所は、図3aから温度差分が 5°C 以上の箇所のみを抽出し、さらにDEMデータにより海拔10m以上の範囲 (灰色) を除外して表示した推定湛水域である。なお、ここで用いたDEMデータは1mオーダーである。これらの数値は、図3dに示すASTER事後フォールスカラー画像 (2011年3月19日午前10時30分頃撮影) から目視により確認できる湛水域に近いものを設定した。図3cは、2009年4月7日の午前10時30分頃に撮影された事前ASTERフォールスカラー画像である。

図3bの推定湛水域を見ると、海岸沿いの多くの地域で温度が上昇していることが分かる。この地域の多くはもともと水田であるため、海水が溜まったままとなっているといえる。これらの変化は、事後フ

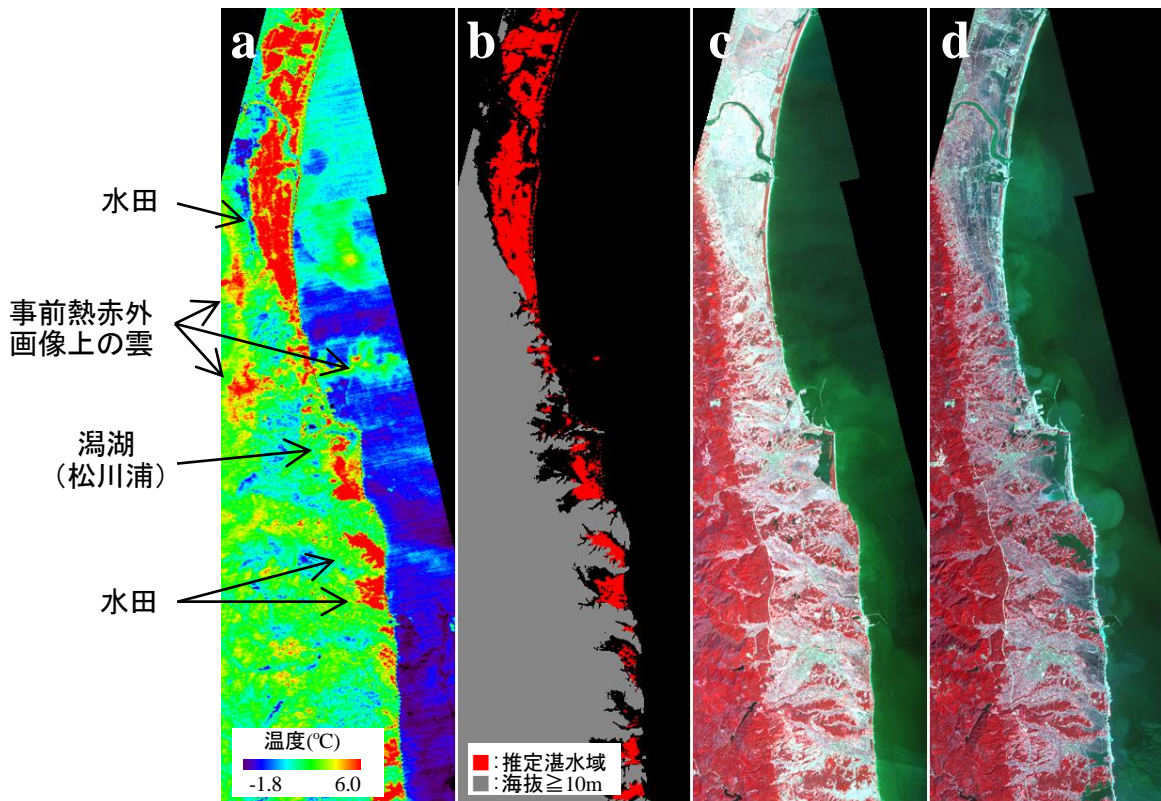


図 3 a: 図 1b (1)について拡大した地震前後の熱赤外バンド画像の差分, b: 図 4a からそれぞれ温度差分が 5°C 以上の箇所を抽出し、かつ灰色で示す海拔 10m 以上の箇所を除外した推定湛水域 (赤色), c: 地震前 ASTER フォールスカラー画像, d: 地震後 ASTER フォールスカラー画像。

オールカラー画像における、事前画像よりも色が暗く表示された浸水範囲と概ね一致することが見て取れる。画像中央部付近の水域は松川浦という潟湖であり、前後フォールカラー画像から、津波により形状が大きく変化することが確認できる。この変化を推定湛水域で見ると、もともと水域であった箇所を除いて、その周辺が湛水域として抽出されていることがわかる。これらの比較結果より、熱赤外バンド画像とフォールカラー画像は性質が異なるものの、両者の湛水域の一致は良好であり、夜間におけるASTER熱赤外バンド画像の利用は、湛水域の把握において十分可能であるといえる。

3.2 石巻市周辺における昼間の湛水域把握

図2bにおける(2)および(3)の前後熱赤外バンド画像の差分をとったものを、それぞれ図4a, 4eに示す。これらは、いずれも -6.0°C から 10.0°C の範囲で表示している。昼間の画像であるため、温度が下がった箇所を湛水域として抽出した。図4b, 4fにおける水色の箇所は、図4a, 4eからそれぞれ温度差分が -1°C 以下の箇所を抽出し、さらにDEMデータにより灰色で示す海拔10m以上の箇所を除外した推定湛水域であり、図4d, 4hに示すASTER事後フォールカラー画像（2011年4月6日午前10時30分頃撮影）から目視により確認できる湛水域に近いものを設定したものである。図4c, 4gは2009年4月7日の午前10時30分頃に撮影された事前ASTERフォールカラー画像である。

図4上段は、石巻市周辺の水田を示している。この地域では、定川に沿って津波が遡上し、内陸部においても甚大な被害をもたらした。図4aを見ると、地震発生よりおよそ1ヶ月経過しているものの、多くの範囲が濃い青色で示されたマイナスの値を示しており、温度が低いままであることが分かる。この地域の多くはもともと水田であり、海面と同じ高さであるため水が溜まりやすく、また地殻変動による地盤沈下もあって浸水状態が継続した¹⁶⁾。事後フォールカラー画像を見ると、事前画像よりも色が暗く表示されている浸水域は、推定湛水域と概ね一致していることが確認できる。

図4下段は、石巻市を流れる北上川の下流域を示したものである。この地域も図2b(2)の地域と同様、川に沿って津波が遡上し、甚大な被害をもたらした。図4hの事後フォールカラー画像を見ると、河口付近の陸地が津波により侵食され、海水域となってしまうことが確認できる。また、周辺の水田に関しても海水が溜まったままとなっており、多くの範囲で事前画像よりも黒っぽく表示されていることがわかる。これらの変化が起こった範囲と、図4fの推定湛水域は概ね一致しており、昼間の熱赤外バンド画像においても良好な湛水域の推定が可能であるといえよう。

熱赤外バンド画像は季節や天候などによって変化するため、様々な条件の画像で検証していく必要がある。夜間においては昼間の画像ほど温度分布に差が出にくいため、温度の表示範囲を変更して可視・近赤外バンド画像と比較し基準を作成するなど、様々な温度状況においても定量的に湛水域を評価できる方法について検討していく必要がある。

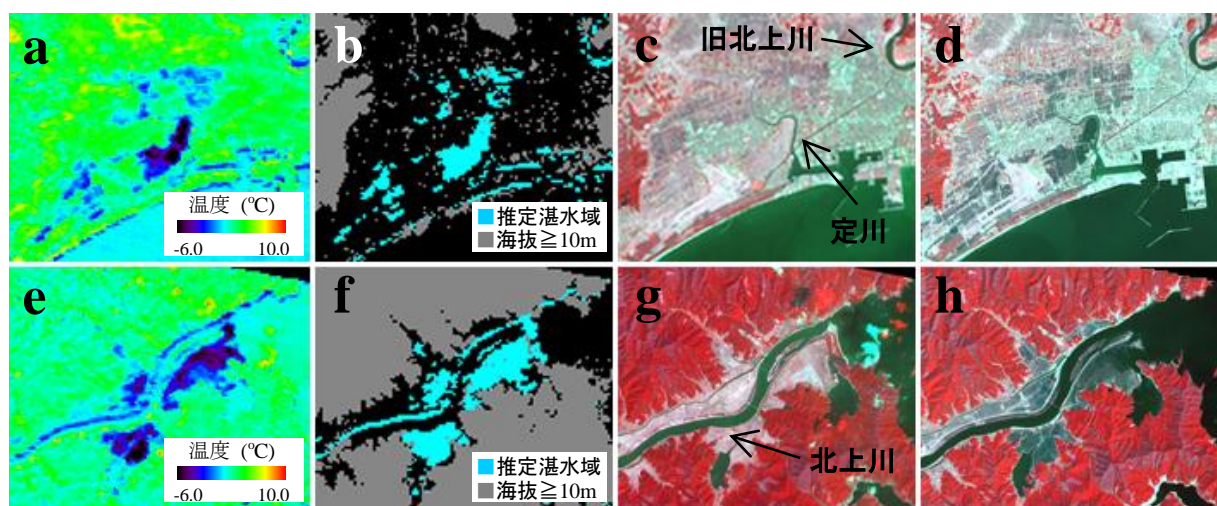


図4 a, e: 図2b(2), (3)について拡大した前後熱赤外画像の差分, b, f: 図4a, 4eからそれぞれ温度差分が -1°C 以下の箇所を抽出し、かつ灰色で示す海拔10m以上の箇所を除外した推定湛水域(水色), c, g: 事前ASTERフォールカラー画像, d, h: 事後ASTERフォールカラー画像。

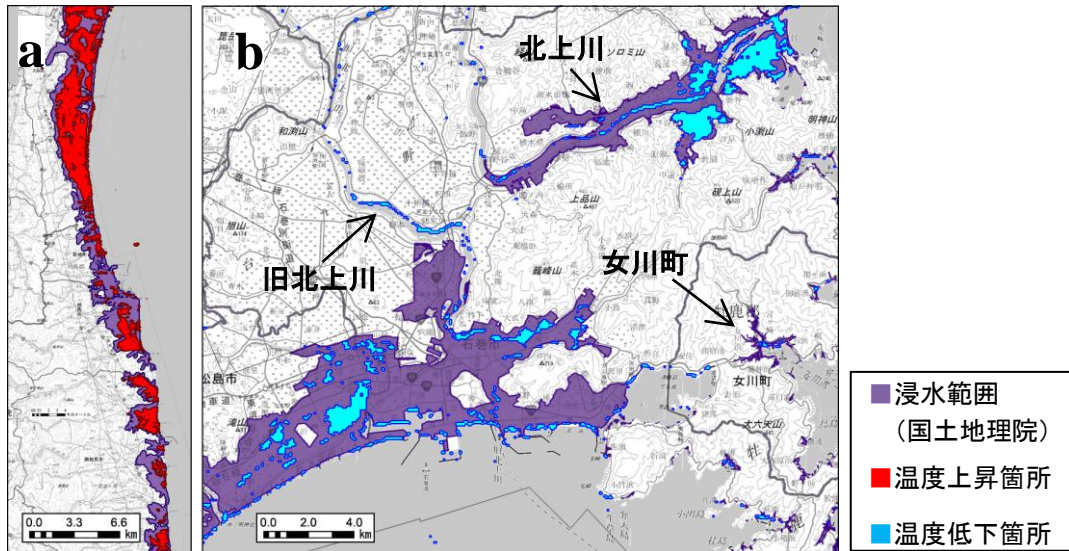


図 5 浸水範囲概況図に表示した推定湛水域, a: 相馬市周辺 (夜間), b: 石巻市周辺 (昼間).

3.3 抽出結果と浸水範囲概況図との比較

3.1, 3.2における推定湛水域を, 国土地理院により作成された浸水範囲概況図と重ね合わせたものを図5に示す. ここでは, 見易さのために浸水範囲概況図を白黒表示し, 浸水範囲のみ紫色で表示している. 赤で示した箇所は相馬市における推定湛水域であり, 地震前よりも温度が上昇した箇所である. 水色で示した箇所は石巻市における推定湛水域であり, 地震前より温度が低下した箇所である. 石巻の画像に関しては, 3.2で取り上げた2地点以外の女川町や, その南に位置する沿岸部にも小さい推定湛水域がいくつか確認できるが, これらの範囲も含めほとんどが紫色で示された浸水範囲内において確認することができる. 相馬市においては津波被災の翌日, 石巻市においてはおよそ1ヶ月後の湛水域であり, それぞれの時間経過により湛水の範囲が減少しているものの, 良好な推定結果であるといえよう.

3.4 熱赤外バンド画像とASTERによるNDVI画像との比較

熱赤外バンド画像の差分 (ΔTemp) 画像と, 昼間の前後NDVI画像の差分 (ΔNDVI) 画像を比較することにより, 熱赤外バンド画像とNDVI画像の相関性について検討を行う. ここではまず相馬市の事例について検討する. 夜間では熱容量の大きい水域の温度が高くなるため, 水域の値が低くなるNDVI画像のヒストグラムを正負反転して用いている. 両者の差分を取るにあたり, 図7に示すそれぞれのヒストグラムをもとに上下限値を統一した. 両者共に値が極めて少ない箇所を除き, かつ推定湛水域を含む範囲で0から255へと線形変換し, 上下限値を-1.0から1.0に変更することで統一した. 変換後の差分画像を $\Delta \text{Temp}' \cdot \Delta \text{NDVI}'$ 画像とし, それぞれ図6a, 6bに示す. 図6cは図6a, 6bの差分画像同士の差分を取ったものであり, 図6dは昼間における相馬市の事後ASTERフォールスカラー画像である.

図6cの差分画像を見ると, 陸域と推定湛水域のほとんどが水色から緑で示す0.0付近の値を取っており, 差が小さく相関が高いことがわかる. しかし, 海水域は青く示されており, -0.5程度の差があることがわかる. これは, 前後NDVI画像における水域は比較的一定な値を示すのに対し, 前後熱赤外バンド画像による水域では, 気候などにより変動しやすいためであるといえる. 海水域を除いて $\Delta \text{Temp}' \cdot \Delta \text{NDVI}'$ 画像全体を見ると, 雲の影響等はあるものの両者の色の分布特性は比較的似ており, 夜間における熱赤外バンド画像は, 陸域に関してはNDVI画像と高い相関を持っているといえる.

図8a, 8bは, それぞれ図2 (2), (3)の範囲を含む昼間における石巻地域全体についての $\Delta \text{Temp} \cdot \Delta \text{NDVI}$ 画像を, 図9に示すヒストグラムにより上下限値を変更した $\Delta \text{Temp}' \cdot \Delta \text{NDVI}'$ 画像である. なお, ここでは昼間の熱赤外バンド画像を用いているため, ΔNDVI 画像は反転していない. 図8cは, 図8a, 8bの差分を取ったものであり, 図8dは同一地域における事後ASTERフォールスカラー画像である.

図8cを見ると, $\Delta \text{Temp}'$ 画像と $\Delta \text{NDVI}'$ 画像は図7dに示すフォールスカラー画像における植生 (赤色) と, 裸地 (特に白い箇所) においては大きな差が出る事がわかる. 相馬市の事例における, 夜間の Δ

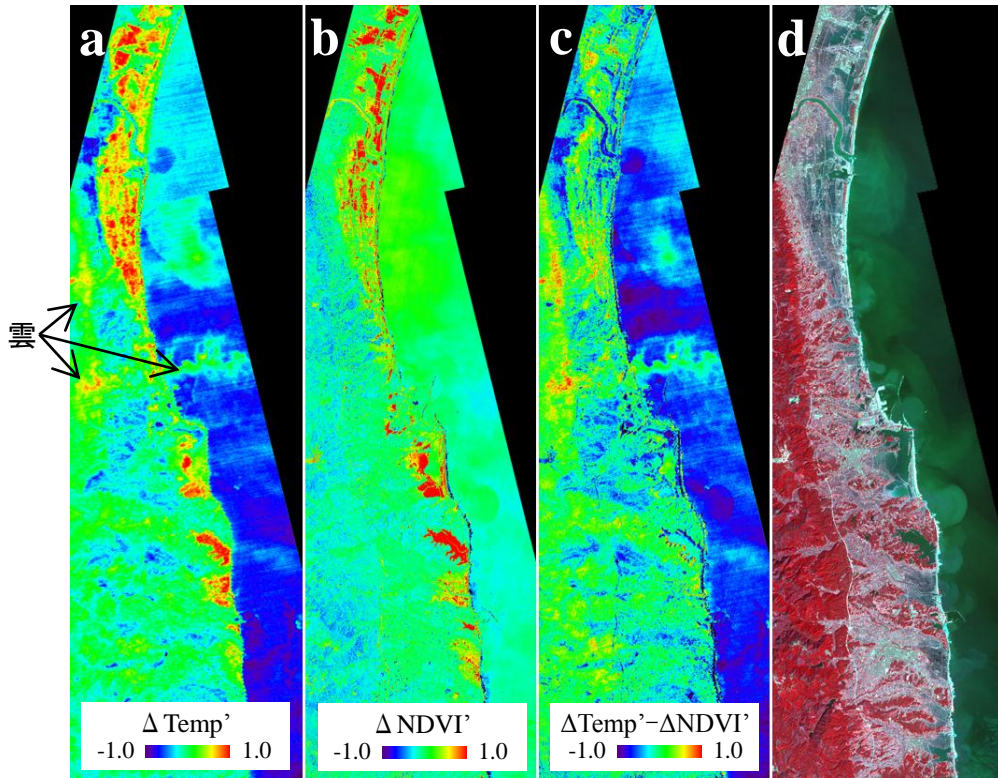


図 6 a: 相馬市周辺における $\Delta \text{Temp}'$ 画像, b: 反転したのち上下限値を合わせた $\Delta \text{NDVI}'$ 画像, c: 図 6a と図 6b の差分画像, d: ASTER フォールスカラー画像.

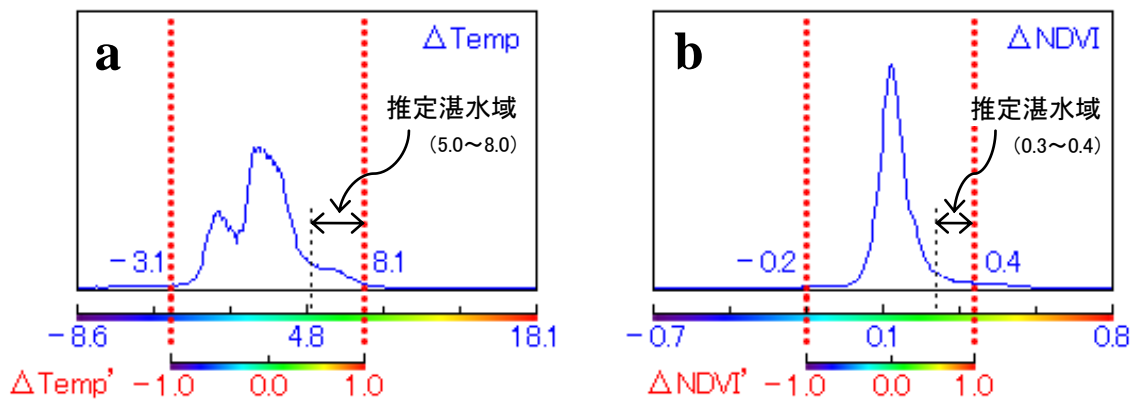


図 7 a, b: 相馬市における $\Delta \text{Temp}' \cdot \Delta \text{NDVI}'$ 画像それぞれのヒストグラムと, $\Delta \text{Temp}' \cdot \Delta \text{NDVI}'$ 画像における線形変換範囲 (赤色の点線間).

Temp' 画像と、昼間の反転した $\Delta \text{NDVI}'$ 画像の比較では陸域において高い相関を示したが、昼間の $\Delta \text{Temp}' \cdot \Delta \text{NDVI}'$ 画像の比較では、太陽光の影響があるために一部の被覆について差が大きくなることが確認された。一方、推定湛水域と、フォールスカラー画像における水田・市街地 (白から灰色, 水色) の範囲に関してはほとんどが緑色で示す 0.0 付近の値をとっているため、昼間における ASTER 熱赤外バンド画像は、これらの範囲において NDVI 画像と高い相関を持っているといえる。

熱赤外バンド画像は解像度としては NDVI 画像に劣るものの、津波災害のような大規模な災害時には、可視画像と同様にして利用可能であると考えられる。しかし、土地被覆の違いによりそれぞれ異なる影響を受けるため、今後様々な季節や気温条件の画像を用いて被覆ごとの温度特性を定量的に把握していく必要がある。

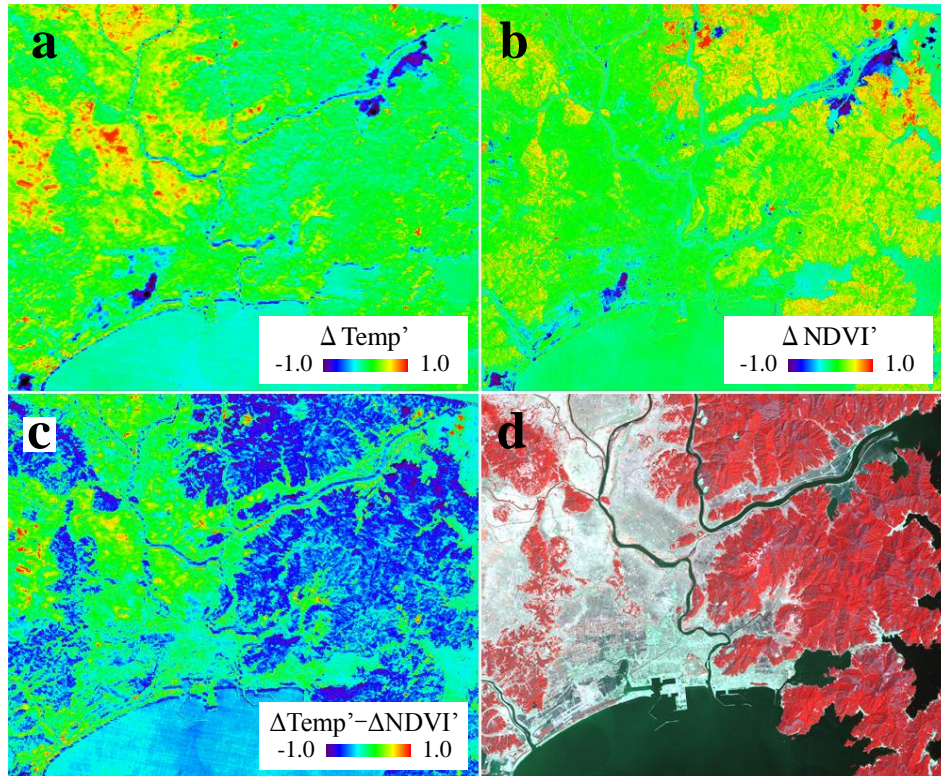


図8 a: 石巻市周辺における $\Delta\text{Temp}'$ 画像, b: 同一地点における $\Delta\text{NDVI}'$ 画像, c: 図 7a と図 7b の差分画像, d: ASTER フォールスカラー画像.

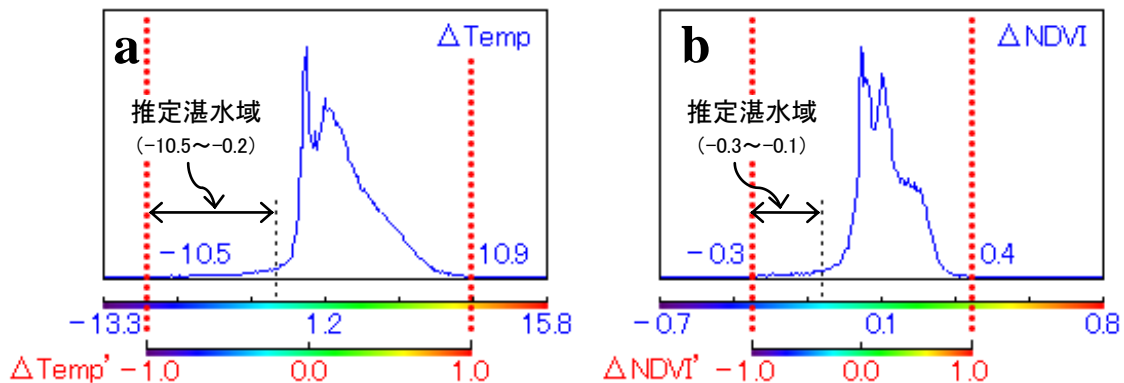


図9 a, b: 相馬市における ΔTemp ・ ΔNDVI 画像それぞれのヒストグラムと, $\Delta\text{Temp}'$ ・ $\Delta\text{NDVI}'$ 画像における線形変換範囲 (赤色の点線間).

4. まとめ

本研究では, ASTER 熱赤外バンド画像を用いて, 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波湛水域の抽出を行った. 前後画像の差分を取ることで, 夜間においては温度が上昇した箇所, 昼間においては温度が低下した箇所を湛水域と見なして抽出を試みた. これらを ASTER による地震前後のフォールスカラー画像と比較した結果, 概ね良好な湛水域の推定結果が得られることを確認した. また, 国土地理院により作成された浸水範囲概況図と比較した結果, ほとんどが浸水域内であることが確認でき, 時間経過により湛水域が減少してはいるものの, 良好な結果であるといえよう.

前後熱赤外バンド画像の差分 (ΔTemp) と前後 NDVI 画像の差分 (ΔNDVI) を, それぞれのヒストグラムをもとに範囲を決め, 線形変換することで上下限値を統一し, 両者の差分を取ることで熱赤外バンド画像の有用性について検討を行った. 夜間の画像では NDVI 画像の上下限値を反転して用い,

昼間の画像ではそのまま用いてそれぞれ差分を取った。その結果、今回の季節における夜間画像では、 Δ Temp 画像と Δ NDVI 画像は陸域全体において高い相関を示し、昼間画像では湛水域、水田・市街地において高い相関を示すことが確認された。熱赤外バンド画像の解像度は NDVI 画像に劣るものの、津波のような大規模災害において、湛水域を把握するには可視画像と同様に有効であるという結論を得た。

今後の課題として、湛水域の抽出範囲のパラメータ等を検討し、定量的に湛水域を抽出・評価する方法を構築する必要がある。熱赤外バンド画像は季節や天候の違いにより大きく影響を受けるため、様々な状況の画像を用いて検証していく必要がある。また、雲による影響を大きく受けるため、同じ条件の衛星熱赤外バンド画像を用意することが難しい場合がある。事前画像として GIS データ等を用いることで、データが不十分な場合においても利用できる方法を構築したいと考えている。空撮熱赤外画像の利用も視野に入れ、温度特性を考慮しさらに精度について検討することで、今後の津波浸水域の早期把握につなげていきたいと考えている。

謝 辞

ASTER B1 プロダクトデータは産業技術総合研究所の GEO Grid にて処理されたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の評価，http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11apr_sanriku-oki3/index.htm
- 2) Rathje, E, and Adams, B.J.: The Role of Remote Sensing in Earthquake Science and Engineering, Opportunities and Challenges, Earthquake Spectra, 24(2), 471-492, 2008.
- 3) Eguchi, R.T., Huyck, C., Ghosh, S., Adams, B.J.: The Application of Remote Sensing Technologies for Disaster Management, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, 2008, CD-ROM.
- 4) 山崎文雄：防災におけるリモートセンシング技術利用の最新動向，土木学会第 10 回地震災害マネジメントセミナー：地震災害対応におけるリモートセンシング・テクノロジーの活用，ISBN978-4-8106-0686-7, 2009, pp. 1-12.
- 5) 竹内渉，安岡善文：衛星リモートセンシングデータを用いた正規化植生，土壤，水指数の開発，写真測量とリモートセンシング，43 (6), 2005, pp. 7-19.
- 6) Kouchi, K., and Yamazaki, F.: Characteristics of Tsunami-Affected Areas in Moderate-Resolution Satellite Images, Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IEEE, Vol. 45, No. 6, 2007, pp.1650-1657.
- 7) Hanada, D., and Yamazaki, F.: Detection of the flooded area by tsunami using satellite thermal infrared images, The 32nd Asian Conference on Remote Sensing, Paper No. 229, CD-ROM, 2011, 6p.
- 8) Yamazaki, F., Murakoshi, A., and Sekiya, N.: Observation of Urban Heat Island using Airborne Thermal Sensors, 2009 Urban Remote Sensing Joint Event, IEEE, CD-ROM, 2009, 5p.
- 9) 外岡秀行：ASTER 夜間熱赤外画像に見る東日本大震災，日本リモートセンシング学会誌 Vol.31 No.3, 2011, pp334-337.
- 10) 国土地理院：10万分1浸水範囲概況図，<http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku60003.html>
- 11) 気象庁：気象統計情報，<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- 12) ASTER SCIENCE PROJECT：ユーザーズガイド 5.3.輝度パラメータ，http://www.science.aster.ersdac.or.jp/t/jp/documnts/users_guide/part2/05_03.html
- 13) 高木幹雄，下田陽久監修：新編画像解析ハンドブック，東京大学出版会，2004，1143p.
- 14) 財団法人 資源・環境観測解析センター：ASTER GDS Web Site，http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds_www2002/index_j.html
- 15) 日本リモートセンシング研究会：図解リモートセンシング，社団法人 日本測量協会，1998，194p.
- 16) 国土地理院：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査，<http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sokuchikijun40003.html>

(受理：2012年 3月 1日)

(掲載決定：2012年 7月 11日)

Detection of Flooded Areas by the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami using ASTER Thermal Infrared Images

HANADA Daiki ¹⁾, YAMAZAKI Fumio ²⁾

1) Graduate student, Department of Urban Environment System, Chiba University

2) Member, Professor, Department of Urban Environment System, Chiba University, Dr. Eng.

ABSTRACT

Heavy casualties and severe property losses occurred by the tsunami in the Off-Pacific-Coast of Tohoku, Japan Earthquake on March 11, 2011. Satellite visible images are easy to grasp damages caused by disasters, but they cannot be obtained at nighttime. Hence a blank time of information may occur if a disaster happens at nighttime. On the other hand, satellite thermal infrared images can be taken at nighttime although it has an inferior spatial resolution. Thermal infrared images are also expected to grasp flooded areas by tsunami using the temperature distribution. This study extracted the flooded areas from ASTER thermal infrared images by calculating the difference in temperature before and after the earthquake. The examples of the extraction method were demonstrated for Soma and Ishinomaki cities, where significant tsunami damages were observed. The results were compared with ASTER false-color composite images and the inundated area map created by Geospatial Information Authority of Japan (GSI) to evaluate the accuracy of the proposed method. These comparisons show reasonable agreement of flooded areas with the daytime optical images and the GIS map. The extraction results were also compared with the distribution of the normalized difference vegetation index (NDVI) and high correlation between them was observed.

Key Words: Tsunami, ASTER, Thermal infrared image, NDVI, Flooded area