



ALOS/PALSAR 画像を用いた 2008 年岩手・宮城内陸地震による 水域の変化抽出

加藤圭太¹⁾, 山崎文雄²⁾

1) 非会員 江東区役所 (千葉大学 元大学院生)

e-mail: katohbainin@yahoo.co.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

e-mail: yamazaki@tu.chiba.ac.jp

要 約

本研究では、陸域観測技術衛星「だいち」(Advanced Land Observing Satellite : ALOS)に搭載されたフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ (PALSAR) によって、2008年岩手・宮城内陸地震の前後に得られたSAR 画像を用いて、浸水域の特性を把握しその自動抽出を試みた。浸水域 (または逆に水域が干上がった領域) の抽出方法は、水域が他の土地被覆に比べて後方散乱強度が低いことと、土から水域 (またはその逆) に変わると、後方散乱強度に大きな変化が生ずることを特徴と考え、2つの条件を満たす領域を変化域として抽出した。水域抽出の基準は後方散乱強度が一定値以下のピクセルであり、変化の判定は前後画像の強度差が一定値以上のピクセルである。抽出された結果に対して、ノイズ等による微小領域の除去するための空間フィルタを適用した。これらの手順で画像処理を行った結果、概ね良好な抽出精度を得ることができた。とくに荒砥沢ダム周辺では前後画像の変化が大きいため、適切な閾値を取れば75%以上の高い精度で抽出することができた。

キーワード： 2008年岩手・宮城内陸地震, ALOS/PALSAR, 浸水域, 後方散乱強度, Open-Close-Scale フィルタ

1. はじめに

大規模な災害が発生した際には、その被害規模や範囲を早期に把握することが、被害の拡大を防ぐために重要である。しかし現実には、台風の襲来中のように被害地域に近づけないような状況であったり、あるいは僻地や発展途上国のように、現場への到達が非常に難しい地域であったりする。このような時には、リモートセンシングにより宇宙や上空から被災地を観測し、得られた画像を解析して被災状況を把握する手段が非常に有効である。我が国では1995年兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災) 以降、様々なリモートセンシング技術が防災の分野でも広く利用されるようになった¹⁾⁶⁾。とくに、さまざまな地球観測衛星は、定期的に地球を周回して地球表面の画像を取得しており、災害発生後の緊急撮影画像に加えて、災害前のアーカイブ画像も得られていることが多く、画像の変化抽出による災害状況の把握が盛んに行われるようになった⁷⁾¹¹⁾。

しかし衛星画像も万能というわけではない。光学センサの場合、対象地域が雲に覆われていれば地表を観測することはできないし、太陽光に依存するため夜間も観測できない。そこで現在注目を浴びているのが、合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar: SAR)を搭載した人工衛星による観測である。SARは、衛星に搭載したアンテナからマイクロ波を地表に照射し、その反射波を観測して地表面の状況を把握する仕組みである。マイクロ波は雲を透過するため天候に依らず観測が可能であり、太陽光に依存しないため夜間でも画像が得られる特徴があり、災害直後など緊急を要する場合にも画像が得られやすい^{12),13)}。また近年は空間分解能も高くなり、用途も多岐に広がっている。

このように SAR 画像は、緊急性が高い災害把握においても有効なものと考えられるが、その中でもその特徴を生かした洪水や津波による浸水域の抽出は重要である。マイクロ波は、水面部分において後方散乱強度が弱くなるという特性があり、これにより正確な浸水域の推定が可能と考えられる。しかし、洪水や津波による浸水箇所は、時間が過ぎれば水が引いてしまうため、実際の浸水箇所の正確な検出は難しいが、災害直後に撮影された人工衛星 SAR 画像を用いることで、それをある程度解決することができると考えられる。

衛星 SAR 画像を用いた洪水地域の抽出は、堪水が長期間に及ぶ東南アジアの平野などを対象として¹⁴⁾⁻¹⁶⁾、これまでに多数行われている。また UNOSAT¹⁷⁾では、SAR 画像を用いた様々な被害マップを作成し公開している。しかし、我が国では洪水の堪水時間が短く、SAR 画像で捉えられた洪水の事例は多くない¹⁸⁾。2006年に打上げられた日本の陸域観測技術衛星「だいち」(Advanced Land Observing Satellite: ALOS)に搭載された SAR センサである PALSAR¹⁹⁾からの浸水域抽出の精度を評価する研究や、強度画像の解析から水域の自動抽出を行った研究はまだ数少ない²⁰⁾⁻²²⁾。

そこで本研究では、災害前後に得られたPALSAR画像を用いて浸水域の特性を把握し、その自動抽出を試みる。浸水域の抽出には、2時期の強度画像を比較することで可能となると考えられる。しかし、検証データが得にくいことが多いため、今回は調査範囲を洪水被害地域ではなく、2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震により水位が逆に低下したダム地域、および季節によって水域に変化する水田地域とした。光学センサ画像と比較してSAR強度の水域での特徴を把握し、陸地が変わった地域と浸水した地域を検出する。

2. PALSAR画像を用いた水域抽出の対象地域

本研究における検討の流れを図1に示す。はじめに、水域の後方散乱強度の特徴について検討する。まずALOSの光学センサ(AVNIR-2)画像とPALSAR画像の位置合わせを行い、光学画像から水域の抽出を行う。そこから水域におけるPALSAR画像の後方散乱強度を調べ、その結果から浸水域の特性を把握し、これをもとに浸水域を自動抽出する方法を提案するとともに、抽出精度を評価する。

検討対象のSAR画像は、PALSARが2008年3月23日および同年6月23日に、岩手県南部と宮城県北部の内陸部を同条件で撮影したものである(表1)。PALSARはALOS衛星に搭載された合成開口レーダで¹⁸⁾⁻²⁰⁾、

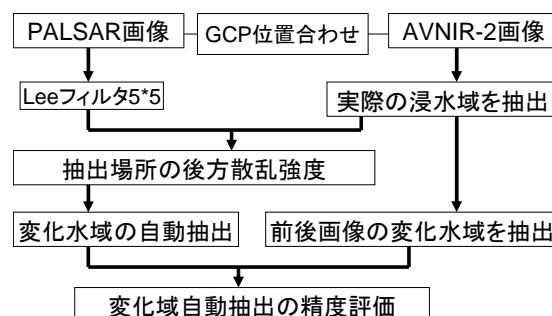


図1 本研究のフローチャート

表 1 2008 年岩手・宮城内陸地震前後の ALOS/PALSAR 画像の撮影条件

| 撮影条件 | 地震前 | 地震後 |
|--------------------|------------|------------|
| 撮影日時 | 2008/03/23 | 2008/06/23 |
| 撮影時刻 | 21:58 | 21:57 |
| 撮影軌跡 | Ascending | Ascending |
| 運用モード | 高分解能(FBS) | 高分解能(FBS) |
| 偏波 | HH | HH |
| Off nadir角(degree) | 34.3 | 34.3 |
| 地上分解能 | 6.25 m | 6.25 m |
| 中心緯度 | 39.117 N | 39.100 N |
| 中心経度 | 140.991 E | 140.968 E |

中間周波数 1270 MHzのLバンドのマイクロ波を用いて地表面の観測を行う。観測方向を変更させる機能や、高分解能モード（観測幅40～70km）に加え広域モード（観測幅250～300km）で観測する機能などを有する。本研究では高分解能モードで撮影されたHH偏波の強度画像を用いる。

検討対象地域は、2008年6月14日に岩手・宮城内陸地震が発生し、大規模な斜面崩壊によって地形が変わった箇所を含んでいる。また、対象地域においては、地震前後の SAR 画像および光学センサ画像の2種類が揃うため、これらを利用して PALSAR 画像による水域変化の抽出精度を評価することができる。検証用の光学センサ画像としては、ALOS/AVNIR-2による2006年10月17日および2008年7月2日の画像(解像度約10m/Pixel)を用いる。

解析を行う前に、全ての画像に対してTriangulation法による位置合わせを行い、解析対象位置が他の画像の同じ位置と重なるようにした。この方法は、それぞれの画像で同じ地点にGround Control Point (GCP)を置き、その点を基準として画像を三角形に分割し、その三角形ごとに座標を合わせる手法である。今回は、PALSAR画像がフォアショートニングなどの地形による影響を含むと考えられるため、GCPとしては440点という多数の点を用い、残差を1ピクセル以下となるように設定した。またSAR特有のスペックルノイズを除去するために、PALSAR画像に対しては5×5のLeeフィルタ²³⁾を適用した。これによってスペックルノイズが減少するとともに、後方散乱強度の分散も小さくなると考えられる。

検討対象としては2種類の地域に着目した。一つはダムの周辺地域で、荒砥沢ダムと栗駒ダムを選択した。荒砥沢ダムでは、上流の斜面が大規模に崩落し、十分な深さのあった水域が土砂で埋もれて陸域へと変化した場所がある。栗駒ダムにおいては、土石流の流入を警戒して地震後に水位を下げたために、ダム湖沿岸の地表が露出した箇所がある。もう一つの検討対象は水田地域であり、ここでは逆に刈取り

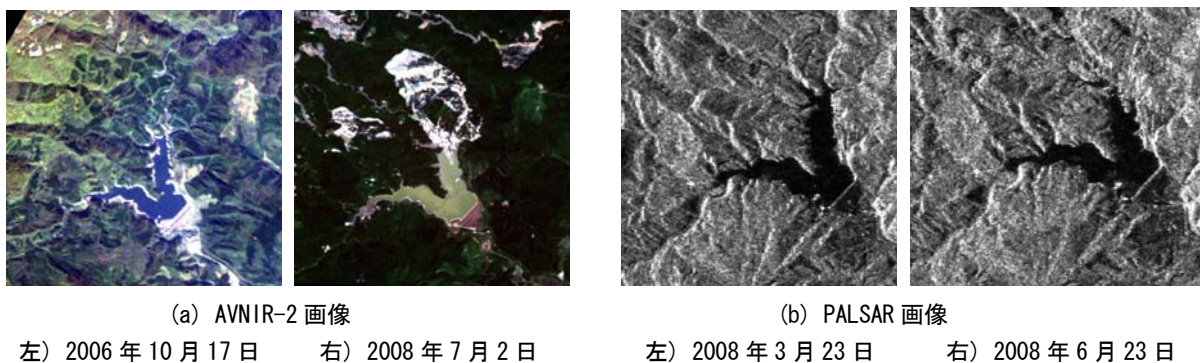


図 2 荒砥沢ダム周辺①の地震前後の ALOS 画像

後の土の地表面が、田植え前に水が張られて水面に変化している。岩手・宮城内陸部では、3月時点で雪解けが終わり5月に田植えを行う。この地震では、土砂崩れダムによる浸水地域の適当な衛星画像が見つからず、我が国では洪水を捉えた SAR 画像も事例が少ないため、ここでは水田を浸水の事例として検討対象とした。

水域抽出の対象地域は、図2に示す①荒砥沢ダム周辺に加えて、図3に示す②栗駒ダム周辺、③東成瀬地区、④前沢地区、⑤水沢地区の計5箇所とした。①、②においては、前述のように水域から陸域になった場所がある。そのためこの2ヶ所に関しては、浸水ではなく、逆に水が無くなった場所を抽出する。また、③、④、⑤では、水田の場所は地震前には乾いているが、地震後には水が張られていることが現地調査やAVNIR-2画像から確認できるため、浸水域の抽出事例として用いることにした。



図3 検討対象地域の ALOS/AVNIR-2 画像 (2008年7月2日)

3. 水域における後方散乱強度の特徴

浸水域の抽出にあたり、まず SAR 画像における土地被覆の特徴を把握するため、水域、森林、斜面崩壊によりできた裸地、および市街地を対象として後方散乱強度を調べた。図4に対象とした土地被覆における検討対象地域を示す。選択したピクセル数は、水域が 8,855、裸地が 23,680、森林が 45,238、市街地が 91,743 である。図5に各土地被覆における後方散乱強度(最大値： $2^{16}-1=65,535$)の分布を示す。これより、水域は他の土地被覆と比べて非常に低い強度値を示すことがわかる。一方、水域以外の場所は大きい値を示し、とくに市街地は他の土地被覆と比べて高い強度値を示している。これは、建物が立ち並んだ状態が、2面のコーナー反射²⁴⁾となって大きな後方散乱が観測されることに対応する。

次に対象地域として選んだ水域について、後方散乱強度値の分布を調べた。水域は、重ね合わせた AVNIR-2 画像より目視によって抽出した。抽出した範囲について、PALSAR 画像の各ピクセルの後方散乱強度を図6に示すが、おおよそ 3,000 以下(後方散乱係数に換算すると約 66dB 以下)に分布することがわかった。その他の検討範囲についても水域の後方散乱強度の分布を調べ、表2に一覧する。他の対象範囲でも同様に、水域の強度はおおよそ 3,000 以下となったが、水田地域では若干強度が高くなる傾

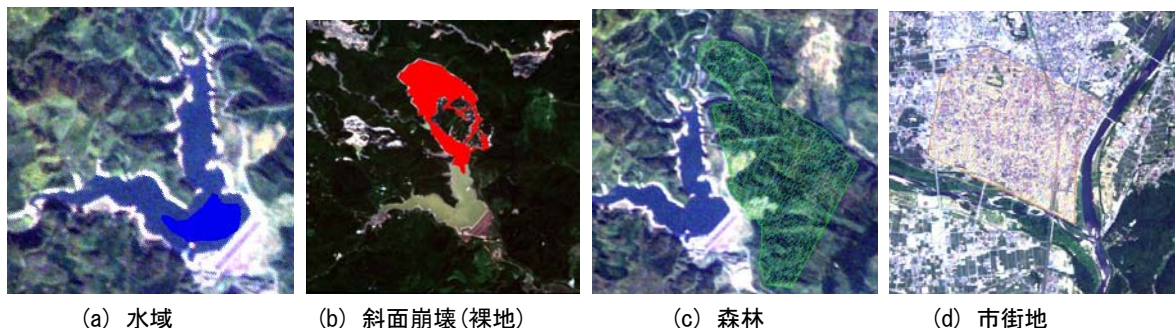


図4 各土地被覆における対象地域(各図で青、赤、緑、桃色部分の後方散乱強度を検討)

向もみられた。これは稲がやや成長し水面が一部見えにくくなったことや、水面と稲や畔との2回反射などが原因と考えられる。図6には6月18日時点での現地写真も示すが、水面は充分に見えるが、稲は少し育った状態となっている様子が分かる。PALSAR画像の解像度は6.25m/Pixelであるため、一つのピクセルの中に水と植物が混ざったいわゆる「ミクセル」の状態が表示されることになり、そのため強度に少し影響が出たものと思われる。

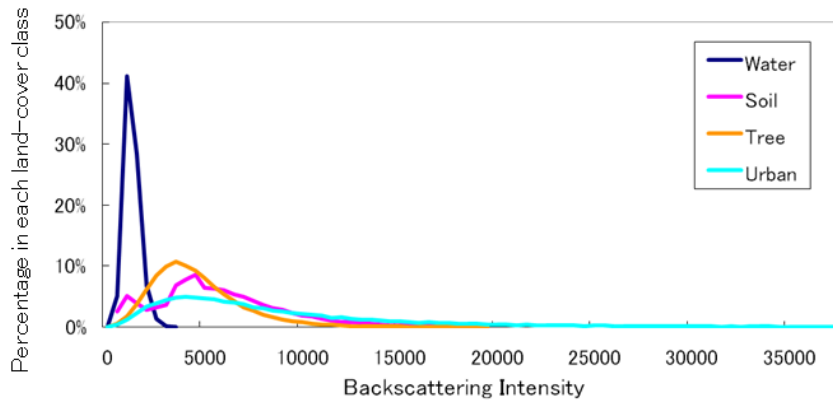


図5 4種の土地被覆(図4)における後方散乱強度分布

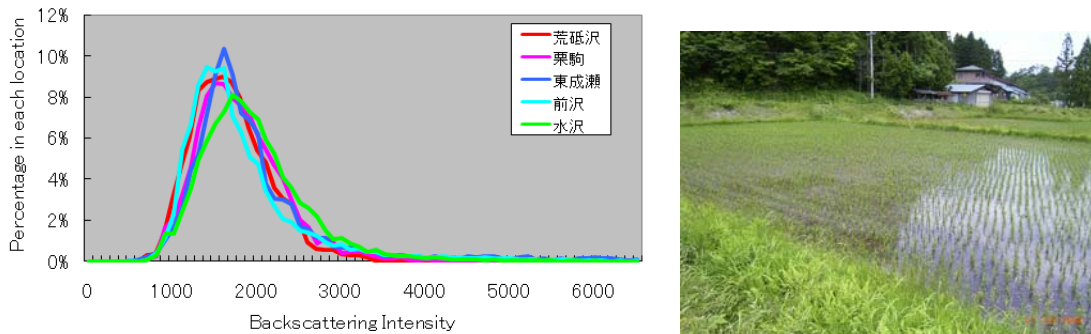


図6 検討対象の水域(ダムと水田)の後方散乱強度分布と水田の写真(2008年6月18日)

表2 各検討対象地域における水域の後方散乱強度分布

| | | Mean | Stdev. | 累積90% | 累積95% | Pixel数 |
|-------|----|------|--------|-------|-------|--------|
| 荒砥沢ダム | 事前 | 1752 | 468 | 2236 | 2465 | 16428 |
| | 事後 | 1666 | 492 | 2236 | 2460 | 14324 |
| 栗駒ダム | 事前 | 1886 | 577 | 2263 | 2751 | 14618 |
| | 事後 | 1791 | 666 | 2481 | 2703 | 16511 |
| 東成瀬 | | 1960 | 869 | 2717 | 3263 | 9975 |
| 前沢 | | 1876 | 996 | 2654 | 3476 | 27831 |
| 水沢 | | 2065 | 752 | 2624 | 3100 | 17705 |

次に、浸水地域の後方散乱強度が、地震前後でどの程度変化したかを調べる。各水域の地震前画像のピクセル強度値から地震後画像のそれを差し引いた変化量を計算した。後方散乱強度の変化に関して、荒砥沢ダムと東成瀬地区の分布を例として図7に示す。また表3に、各対象地域における変化域の強度差分布を示す。

水域が陸域へと変化した箇所においては、後方散乱強度が地震後において増加している。まず荒砥沢ダムでは、水域が崩壊した土砂によって陸域へと変化した箇所を対象として強度差を示したが、裸地の後方散乱強度が水域と比べて非常に高い値を示すため、最大で12,000程度、平均でも約4,800の強度差がある。ただし分散も大きく、ノイズ等の影響によって強度差が少ないピクセルもある。栗駒ダムにおいては、ダム湖の水位低下によって地表が露出した箇所を対象としているが、荒砥沢ダムほど強度差は

大きくはなく、その平均値も小さい。これはマイクロ波の照射方向と地表面勾配との関係や、地表面粗度なども関係していると考えられる。

一方、東成瀬地区のように田に水が張られた箇所においては、地震後の観測において、後方散乱強度が低下する傾向が見られる。3か所の水田地帯の結果を見ると、前沢地区は全体的に強度差が小さい値となったが、他の2つはほぼ同じような結果となった。ただし両地区とも、荒砥沢ダムほど大きな強度差はない。これは水田に水が張られた後の水域は、広い水面に比べて強度が少し高いことと、水が張られる前の田の強度が全体的に低いことなどに起因すると考えられる。ただしどの地区においても、8,000以上の強度差が生じた場所もあった。

以上のような解析結果から、陸域から水域へ、あるいはその逆へと変化した地域では、一定以上の後方散乱強度の変化が生じることがわかった。とくに大規模な斜面崩壊によって水面が埋まった荒砥沢ダム上流部では、後方散乱強度が大きく増加した。一方、水田に水が張られた地区では、荒砥沢ほど大きな強度差は生じなかったが、これは水田における稲や畔の影響もあると考えられる。また水田地帯の水域は目視により抽出したため、多少の誤差もあるとも考えられる。

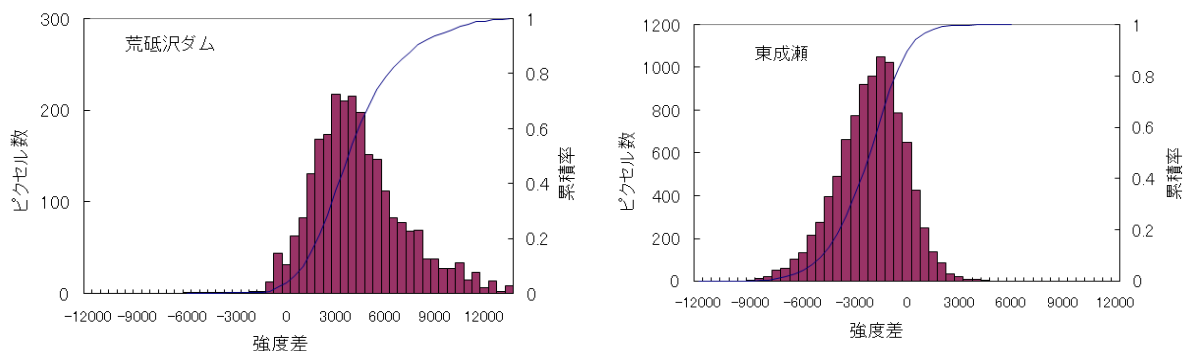


図7 荒砥沢ダム(左)と東成瀬(右)の対象範囲の前後画像の強度差分布

表3 各対象地域における変化域の後方散乱強度差分布(地震前-地震後)

| | Mean | Stdev. | 累積5% | 累積10% | Pixel数 |
|-------|-------|--------|------|-------|--------|
| 荒砥沢ダム | 4805 | 3111 | 337 | 1455 | 9975 |
| 栗駒ダム | 1204 | 1857 | 2 | -245 | 3680 |
| 東成瀬 | -2505 | 2025 | -44 | -302 | 9590 |
| 前沢 | -1092 | 1785 | -26 | -347 | 27831 |
| 水沢 | -2362 | 2060 | -12 | -228 | 18140 |

4. 変化域の自動抽出

水域および変化域の後方散乱強度分布から、これらには大きな特徴があると考え、次の条件を2つともに満たす領域を変化域として抽出する。すなわち、

条件A：水域を抽出するために、後方散乱強度DNが一定値以下のピクセル

条件B：変化域を抽出するために、前後画像の強度差 ΔDN が一定(絶対値)以上のピクセル

荒砥沢ダムでは水域の強度も低く、また変化域(水域→陸域)での強度差も大きいため、高い抽出精度が得られると考えられる。そこでまず荒砥沢ダムの周辺において自動抽出の検討を行う。荒砥沢ダムにおける条件Aは、今回使用したSAR画像の場合、前節の解析結果より、ダム湖のようなはっきりと水域と分かる場所であれば3000以下、また水田のように多少植物が存在するところでは3500以下となることが分かった。そこで地震前画像の後方散乱強度を、水域全体の平均値に近い2000から最大の3500の間で、閾値条件を変えて満たす範囲を比較する。後方散乱強度が各2000, 2500, 3000, 3500以下となるピクセルの抽出結果を図8に示す。これを見ると、条件が緩い場合には水域だけでなく谷や影の部分も抽出されているが、条件を厳しくするにつれ水域の部分のみが抽出されることがわかる。

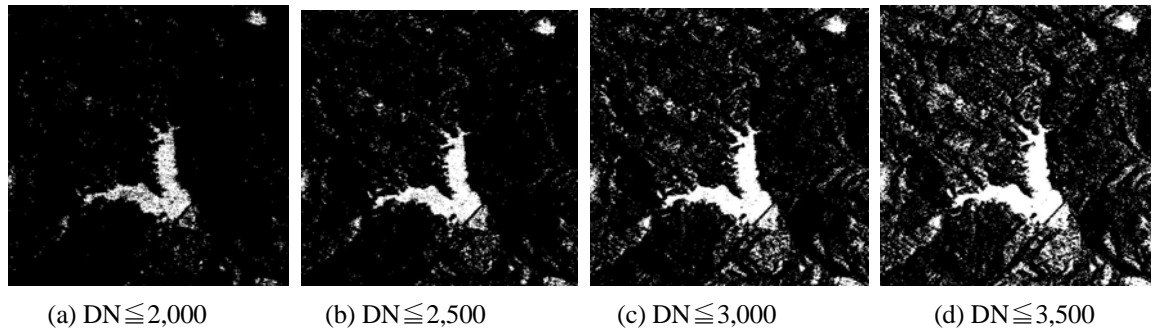


図 8 後方散乱強度が一定値以下の水域と推定される領域 (条件 A)

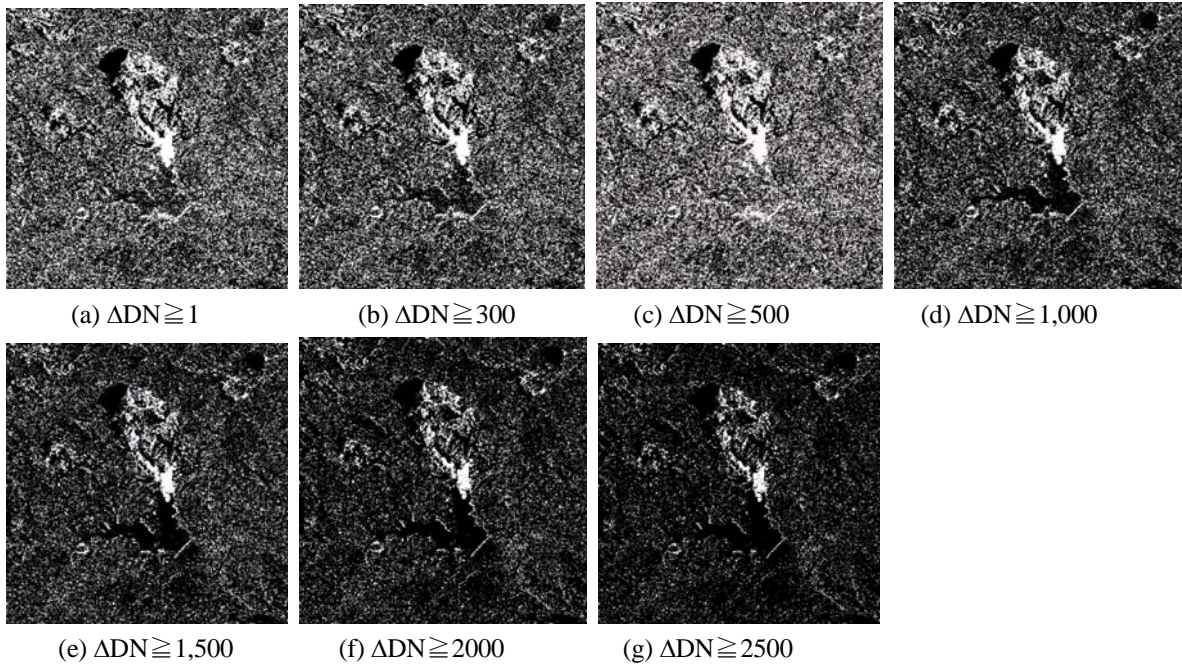


図 9 2 画像の後方散乱強度差が一定値以上の領域 (条件 B)

条件 B においては、強度差が 1~2500 の間で閾値を変化させて検討する。2 画像の強度差 $\Delta DN \geq 1, 300, 500, 1000, 1500, 2000, 2500$ をそれぞれ満たす領域を図 9 に示す。強度差は、スペックルノイズや位置合わせの誤差の影響もあるのか、ややばらついた結果となっている。

次に、条件 A と B の両方を満たす組合せ $4 \times 7 = 28$ 通りを調べ、最適な条件の組合せを探索した。この 2 つの条件を両方とも満たすピクセルを抽出し、この抽出された領域に対して、ノイズ等による微小領域の除去を行う。微小領域の除去には、Open-Close-Scale フィルタ²⁵⁾を用いた。このフィルタは、微小領域に対しては Opening-Filter を施して消去し、ある程度の大きさを持った領域に対しては、Closing-Filter を施して微小な孔を埋める処理を行うものである。

荒砥沢ダム陸地化した領域の抽出結果に対して、このフィルタの適用した結果の例を図 10 に示す。また、目視による抽出結果を正解と見なして、2 つの閾値条件を変えた場合の User 精度²⁶⁾と Producer 精度²⁶⁾を求めた結果を図 11 (左) に示す。これを見ると、抽出 A の閾値を上げるにつれ Producer 精度は上がり、陸地化した範囲の見逃しは減るが、User 精度は下がり誤抽出 (空振り) が増える。一方、2 画像の強度差の条件である抽出 B の閾値を下げると、これも同様に見逃しは減るが誤抽出が増える。したがって、見逃しと空振りのバランスの最も良い条件を見つけるために、各条件の組合せでの User 精度と Producer 精度の平均値を求め、荒砥沢ダムの陸地域に関する結果を図 11 (右) に示すが、最も精度が良かったのは条件 A の閾値を 2500、条件 B の閾値を 1500 とした場合である。

この荒砥沢ダムの最も抽出精度が高かった条件において、自動抽出された箇所について、詳細に検討

する。図 12 は条件 A を DN=2500, 条件 B を Δ DN=1500 とした場合の抽出された領域と, 目視判読による抽出結果である。これらを比較すると, 目視判読と一致している範囲に関しては, ほぼ形も同じように抽出されているが, ダム堤体のやや上流のダム湖内に誤抽出箇所が生じている。この原因について検討すると, 図 12(c)に示す 6 月 18 日に撮影された空中写真²⁷⁾が示すように, 地震後には地震によりダム湖に流出した材木やごみなどが浮かんでいることが分かる。したがって, 地震後の PALSAR 画像では, このようなダム湖の浮遊物によって, 地震後画像における後方散乱強度が上がり, 水域が陸に変わったと誤抽出され, User 精度が下がったものと考えられる。

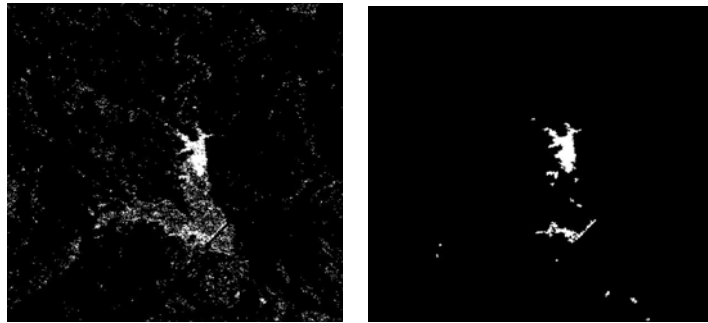


図 10 Open-close-scale フィルタの適用前(左)と適用後(右)の荒砥沢ダム周辺の抽出範囲

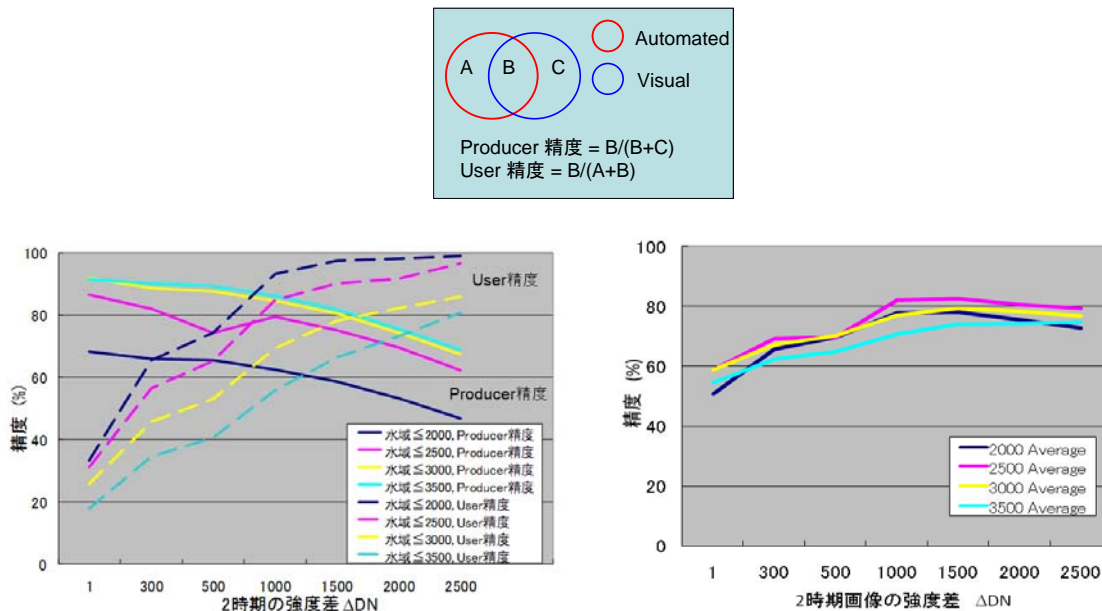


図 11 荒砥沢ダム周辺の抽出範囲の閾値条件と精度の関係。(左) User 精度と Producer 精度の関係。(右) User 精度と Producer 精度の平均値と閾値条件。

この他の対象地域についても, 同様に水域の変化についての自動抽出を試みた。その結果を図 13 に示すが, 抽出精度が最も高くなるケースの 2 つの閾値は地点によってやや異なっており, 精度も荒砥沢ダムの場合よりもやや下がっている。まず水田地域においては, Producer 精度が低く見逃しが多い。これは, 水田はダム湖に比べて均一の水面とはいえず, 水を張る前後の強度の変化も小さいことが要因として挙げられる。また, 条件 A で水域を抽出する際, 畔道や稲によるミクセル化により, 後方散乱強度が, 通常より高く, 水域とそれ以外の地域の区別がつきにくいともいえるし, 目視による正解にも誤差が含まれることも否定できない。

水位が低下し陸地化した部分の生じた栗駒ダムに関しては, 変化域の抽出精度は低く, User 精度と Producer 精度の平均値は, 最大でも 50%程度であった。また, 4 つ地点において最も精度のよい条件を調べると, 条件 A の閾値を上げ, 条件 B の閾値を下げる, つまり荒砥沢ダムの場合より抽出条件を緩め

た方が、抽出精度が高まった。

以上の結果をまとめると、荒砥沢ダムのように土砂で水域が完全に埋まってしまい、事前と事後で後方散乱強度が大きく変化した箇所に関しては、強度値とその変化により精度の高い抽出ができる。しかし、水田のようにミクセル化が生じやすく、強度変化が読み取りにくい場所では見逃しが増え、見逃しを減らすためには、条件の閾値を緩めなければならなかった。しかし、条件を緩めれば誤抽出の箇所が増えてしまうため、精度は上がりにくくなる。このように、水域が陸域に変化する場合やその逆の場合でも、場所によって水面や地表面の状況が異なるため、汎用性のある域値条件を定めるのは困難である。また、今回は同条件での前後の SAR 画像が入手できたが、マイクロ波の照射角や観測軌跡が前後画像で異なることもあり、ケースバイケースでの検証が必要といえよう。今後、他の地域でも更なる検討を行うとともに、実際の被害における検討も必要と考えられる。

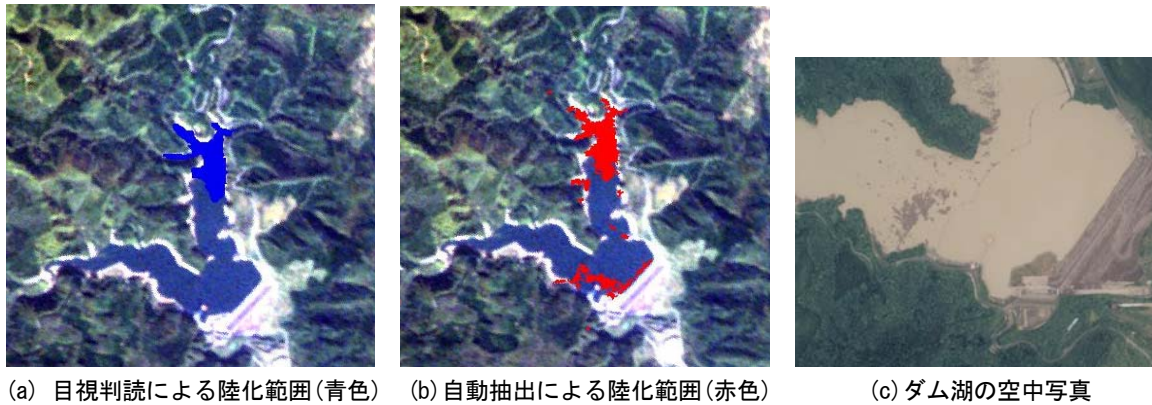


図 12 荒砥沢ダム周辺①の斜面崩壊による水域が埋まった範囲と空中写真(6月18日国土地理院撮影)

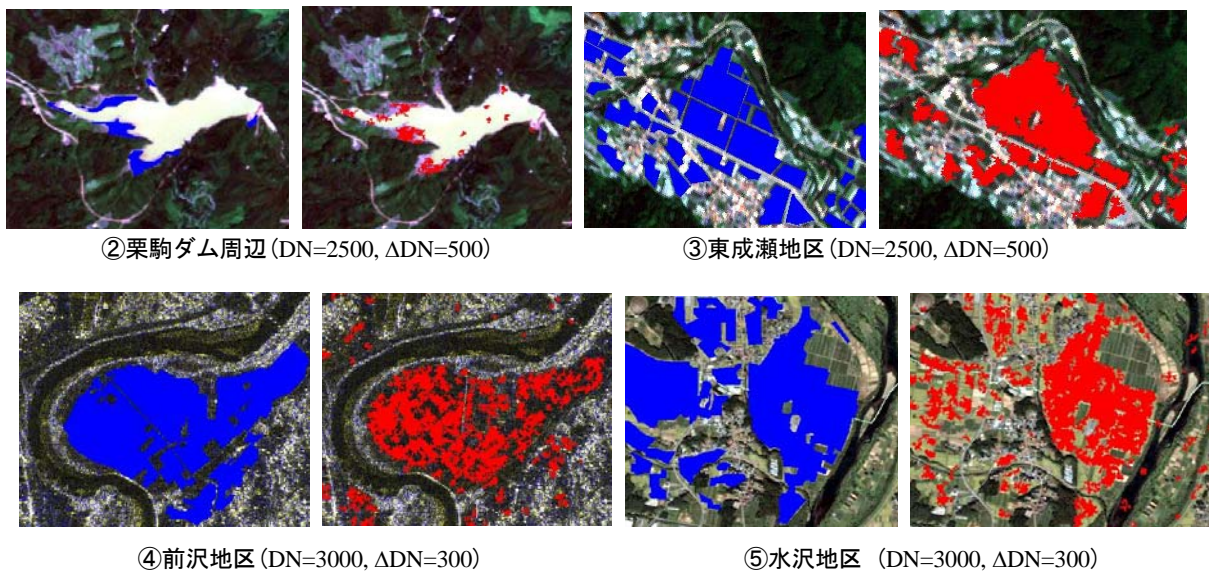


図 13 他の 4 地域における水域変化の目視判読結果(左:青色)と自動抽出結果(右:赤色)の比較

6. まとめ

本研究では、台風・洪水などの災害による浸水地域を把握することを目的として、災害前後の2時期に得られたALOS/PALSAR画像を用いた浸水域の抽出に関する検討を行った。2008年岩手・宮城内陸地震により、ダム湖が減少ないし増加した領域と、地震後画像において水田に水が張られた地区に着目して、

後方散乱強度値の分布とその変化を調べた。また、衛星光学センサ画像を用いて、SAR強度画像からの水域抽出結果の精度を検討した。その結果、概ね良好な水域変化の抽出結果を得ることができた。しかし、閾値の取り方や地表面の状況によっては、見逃しや空振りの誤差も見られ、今後さらに多くの事例解析により、この方法の検証を重ねる必要がある。

災害の発生直後には、道路閉塞や浸水によって、アクセスが困難な被災地域が生じると考えられる。また、これらの地域の情報取得に関しても、天候不順により光学センサによる衛星画像が得られない場合が多い。このような災害時の情報収集の手段として衛星SAR画像の利用が有望であり、今後更なる検討を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) 山崎文雄, 松岡昌志, 小川直樹, 長谷川弘忠, 青木久: 上空および人工衛星からのリモートセンシング被害把握技術, 第10回日本地震工学シンポジウムパネルディスカッション資料集, 1998, pp. 75-80.
- 2) Eguchi, R.T., Huyck, C.K., Houshmand, B., Mansouri, B., Shinozuka, M. Yamazaki, F., and Matsuoka, M.: The Marmara Earthquake -A View from space- The Marmara, Turkey Earthquake of August 17, 1999: Reconnaissance Report, Technical Report MCEER-00-0001, 2000, pp. 151-169.
- 3) 松岡昌志, 山崎文雄, 翠川三郎: 1995年兵庫県南部地震での被害地域における人工衛星光学センサ画像の特徴, 土木学会論文集, No. 648/I-54, 2001, pp. 177-185.
- 4) 松岡昌志, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震での建物被害地域における人工衛星 SAR 強度画像の特徴, 日本建築学会構造系論文集, No. 546, 2001, pp. 55-61.
- 5) 青木久, 松岡昌志, 山崎文雄: 空撮画像を用いた地震による被害建物の抽出, 写真測量とリモートセンシング, 日本写真測量学会, Vol. 40, No. 4, 2001, pp. 27-36.
- 6) Yamazaki, F.: Applications of remote sensing and GIS for damage assessment: Freudenthal Lecture, Proceedings of the 8th International Conference on Structural Safety and Reliability, CD-ROM, 12p, 2001.
- 7) Saito, K., Spence, R.J.S., Going, C., and Markus, M.: Using High-Resolution Satellite Images for Post-Earthquake Building Damage Assessment: A Study Following the 26 January 2001 Gujarat Earthquake, Earthquake Spectra, Vol. 20, No. 1, 2004, pp. 145-169
- 8) Yamazaki, F., Kouchi, K., Matsuoka, M., Kohiyama, M., and Muraoka, N.: Damage Detection from high-resolution satellite images for the 2003 Boumerdes, Algeria Earthquake, Proceedings of the 13th WCEE, CD-ROM, Paper No. 2595, 2004.
- 9) 三浦弘之, 松岡昌志, 山崎文雄, 砂金伸治: 人工衛星リモートセンシングから見た2006年ジャワ島中部地震の被害, 第12回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM, Paper S2-3, 2006, pp. 92-95.
- 10) 三浦弘之, 翠川三郎: 高分解能衛星画像と数値標高モデルを用いた2004年新潟県中越地震での斜面崩壊地の検出, 日本地震工学会論文集, Vol.7, No.5, 2007, pp. 1-14.
- 11) Yamazaki, F. and Matsuoka, M. : Remote Sensing Technologies in Post-Disaster Damage Assessment, Journal of Earthquakes and Tsunamis, World Scientific Publishing Co., Vol. 1, No. 3, 2007, pp. 193-210.
- 12) 松岡昌志, 山崎文雄: ALOS/PALSARによる2006年5月ジャワ島中部地震の被害抽出, 第41回リモートセンシング学会学術講演会論文集, 2006, pp. 47-48.
- 13) 松岡昌志, 堀江啓, 大倉博: 人工衛星 SAR 画像による被害地域検出手法の2004年新潟県中越地震への適用と高度化, 日本建築学会構造系論文集, No.617, 2007, pp.193-200.
- 14) Nguyen, T.L., and Bui, D.T.: Flood Monitoring of Mekong River Delta, Vietnam using ERS SAR Data, 22nd, Asian Conference on Remote Sensing, 6p, 2001.
- 15) Sohn H.G., Song Y.S., and Kim G.H., Detecting Water Area During Flood Event from SAR Image, ICCSA 2005, LNCS 3481, 2005, pp. 771- 780.
- 16) 春山成子, 志田健: JERS-1 SAR 画像解析によるメコンデルタの洪水リスク評価, 地学雑誌, 115 (1), 2006, pp. 72-86.
- 17) UNOSATホームページ: <http://unosat.web>.
- 18) 飯田洋, 渡辺信之, 佐藤潤, 小荒井衛: 高分解能SARを利用した災害状況把握, 国土地理院時報, No.9, 2002, pp. 49-56.
- 19) JAXA ホームページ: http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm

- 20) 野口真弓, 鈴木敬子, 安喰靖, 木村幸一, 関崎賢一, 北原敏夫: 陸域観測技術衛星「だいち」データの防災分野における有効性, 国土地理院時報, 111, 2007, pp. 49-56.
- 21) 加藤圭太, 山崎文雄: ALOS/PALSAR 画像を用いたミャンマー・サイクロンによる浸水地域の抽出, 日本地震工学会・大会-2008 梗概集, 2008, pp. 360-361.
- 22) 米澤千夏, 加藤徹, 千葉克己, 渡邊学: ALOS PALSAR によって観測された 2008 年岩手・宮城内陸地震による土砂災害, 平成 20 年度秋期学術講演会発表論文集, 日本写真測量学会, 2008, pp. 79-80.
- 23) Lee, J. S.: Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics, Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-2 (2), Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1980, pp. 165-168.
- 24) 飯坂譲二監修, 日本写真測量学会編: 合成開口レーダ画像ハンドブック, 朝倉書店, 1998.
- 25) Vu T. T., Matsuoka M., and Yamazaki F.: Dual-scale Approach for Detection of Tsunami-affected Areas using Optical Satellite Images, International Journal of Remote Sensing, Vol. 28, Nos. 13-14, 2007, pp. 2995-3011.
- 26) 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.
- 27) 国土地理院, 荒砥沢ダム周辺の空中写真, 2008年6月18日撮影,
http://photo.gsi.go.jp/topographic/bousai/photo_h20-iwatemiyagi/photo/C007-0990.jpg.

(受理: 2009年 6月18日)

(掲載決定: 2010年 4月5日)

Detection of Flooded Areas using ALOS/PALSAR Images for the 2008 Iwate-Miyagi Inland Earthquake

KATO Keita¹⁾, YAMAZAKI Fumio²⁾

1) Student Member, Graduate Student, Chiba University.

2) Member, Professor, Chiba University, Dr. Eng.

ABSTRACT

Synthetic Aperture Radar (SAR) can observe the earth surface in daytime and night-time regardless of weather conditions. Hence it is highly useful to capture damage distributions shortly after natural disasters strike. Detection of flooded areas is carried out using ALOS/PALSAR images acquired before and after the 2008 Iwate-Miyagi Inland earthquake. Because the backscattering echo of SAR shows the condition of the earth surface, the changes of the echo in two images are used to detect the areas covered by water and those dried up after the earthquake. Since many small noises are also extracted from the SAR images, an open-close-scale filter is employed to remove them. The extracted results are compared with the visual detection results from ALOS/AVNIR-2 images and then the accuracy of the proposed method is verified.

Key Words: the 2008 Iwate-Miyagi Inland Earthquake, Flooded Area, ALOS/PALSAR, Backscattering Intensity, Open-Close-Scale Filter