

# 衛星画像を用いた野呂川流域の 斜面崩壊領域抽出の検討

石井智博<sup>\*</sup>・白水元<sup>\*</sup>・天野卓三<sup>\*\*</sup>・朝位孝二<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>山口大学大学院創成科学研究科, <sup>\*\*</sup>中電技術コンサルタント株式会社

## 1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動により豪雨災害が激甚化しており、平成 30 年 7 月豪雨では西日本を中心として広い範囲で約 10 日間にわたり、大規模な浸水・土砂災害を及ぼした。広島県呉市に位置する野呂川ダム（図 1）では規定以上の放流操作を行い、野呂川ダムの下流地域で大規模な浸水被害を引き起こしたことが問題となった。これは大雨による水位の上昇に加えて、斜面崩壊により発生した大量の土砂・流木等がダム湖内に堆積したことでダムの水位が急激に上昇したことが要因の一つであると考えられている。

本研究では、豪雨時のダム水位の予測やダム上流の斜面崩壊により発生する土砂量を推定するために、ダム上流の斜面崩壊の可能性のある領域を把握することを目的としている。その前段階として災害前と災害後の光学画像と SAR 画像を用いて、それぞれ野呂川流域の斜面崩壊領域の抽出を行い、航空レーザー測量から得られた斜面崩壊領域と比較した。

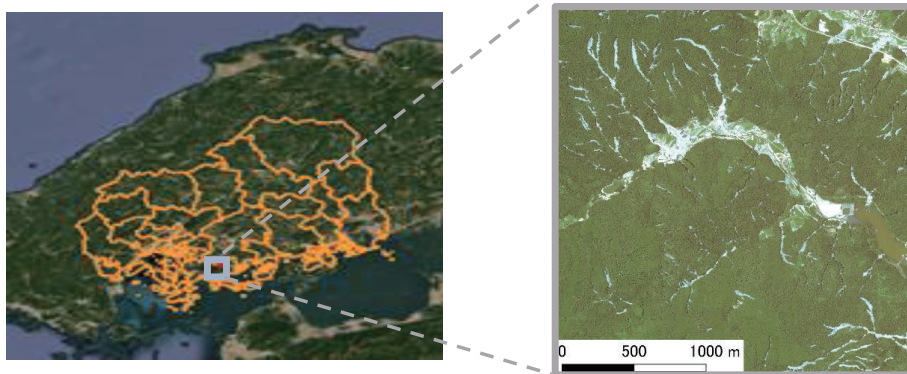


図 1：野呂川ダムの所在地 (<https://www.google.com/maps/>)

## 2. 解析方法

### 2. 1 使用データ

本研究では光学画像においては NDVI（正規化植生指数）と GSI（粒度指数）による解析，SAR 画像においては加色混合法を用いて解析を行った。光学画像に関しては平成 29 年 10 月 27 日と平成 30 年 7 月 15 日のデータを使用し，SAR 画像に関しては平成 27 年 4 月 19 日と平成 30 年 7 月 8 日のデータを使用した。その他の撮影条件を表 1 に示す。

表 1：各画像の撮影条件

		撮影日時	衛星	センサー	分解能(m)	オフナディア角(°)
光学画像	災害前	2017.10.27	World View-3	Panchromatic Radar	0.35	22
	災害後	2018.07.15	World View-2	Panchromatic Radar	0.7	37
SAR画像	災害前	2015.04.19	ALOS-2	PALSAR	3	48
	災害後	2018.07.08	ALOS-2	PALSAR	3	48

## 2. 2 NDVI と GSI による解析

NDVI は植生の活性度を表す指標で、値が大きいほど植生の活性度が高いことが示される。GSI は地表面の被覆の度合いを表す指標で、値が大きいほど植生が少ない場所、すなわち裸地域と示される。それぞれ NDVI と GSI は式 (1)、式 (2) で表される。

$$\text{NDVI} = \frac{IR-R}{IR+R} \quad (1), \quad \text{GSI} = \frac{R-B}{R+G+B} \quad (2)$$

IR：近赤外バンド， R：可視域線赤色バンド， G：可視域緑色バンド， B：可視域青色バンド

災害前と災害後の光学画像でそれぞれ NDVI 画像と GSI 画像を作成し、それらの差分を用いて災害によって発生した斜面崩壊領域を抽出する。図 2 は災害前と災害後の光学画像から得た NDVI と GSI から斜面崩壊領域を抽出するまでの過程を示している。

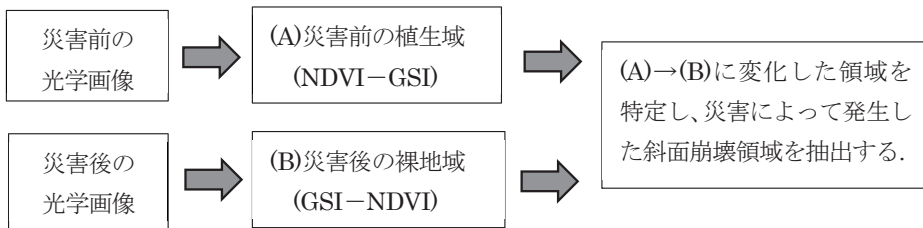


図 2：NDVI と GSI による斜面崩壊領域の抽出フロー

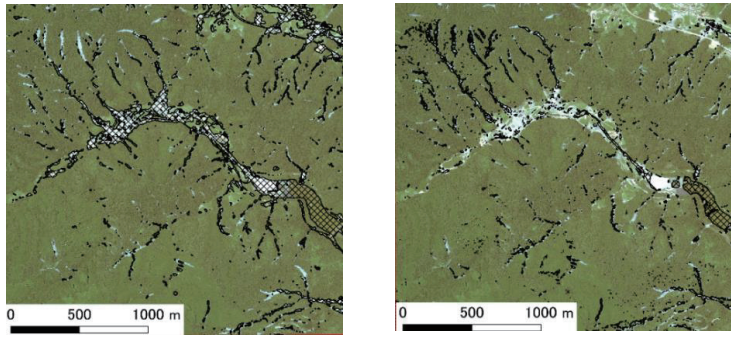
## 2. 3 加色混合法

加色混合法は SAR 画像を用いた解析手法で、SAR 画像の災害前後の後方散乱強度分布に赤 (R)、災害後の後方散乱強度分布にシアン (G・B) を当てはめて加算処理を行い、両者の後方散乱強度分布の強弱により地表の被覆の変化を赤またはシアンで表すものである。例えば、災害前に植生域だった場所が災害後に裸地域に変化した場合にはシアン、災害前に河川周辺の市街地で災害後に河川や豪雨の影響で浸水した場合には赤で表示される。また災害前後で変化が起きなかった場所、ダム湖やため池では加色混合の画像上では黒、家屋や施設等の構造物は白で表示される。

## 3. 結果

### 3. 1 NDVI と GSI による解析

図 3 では NDVI と GSI による解析に関して災害後の光学画像のみを用いた場合と災害前と災害後の光学画像を用いた場合とで、それぞれの場合での災害後の斜面崩壊領域の抽出結果を示している。災害後の光学画像のみを用いた解析では斜面崩壊だけでなく道路、居住地も裸地域として抽出された。対して、災害前と災害後の光学画像を用いた解析では道路や居住地を含むことなく裸地域を抽出した。よって、災害前と災害後の光学画像を使用することで災害前に裸地域だった場所を斜面崩壊領域と誤抽出することなく、災害で発生した斜面崩壊領域のみを抽出することができた。しかし、この解析方法ではダムや河川の水面、雲が裸地域として誤抽出された。このような誤抽出を減らすために傾斜角度や溪流からの位置等の条件を考慮に入れて、斜面崩壊領域を抽出するのに最適な条件を検討する必要がある。



災害後の光学画像のみを用いた場合 災害前後の光学画像を用いた場合  
 図3：NDVI と GSI による斜面崩壊領域の抽出

### 3. 2 加色混合法

図4では災害前を赤、災害後をシアンに当てはめて加色混合法を行い、その斜面崩壊領域の抽出結果を示す。斜面崩壊領域は斜面崩壊の始点から終点にかけて赤い筋で表れ、その終点からは斜面崩壊で発生した土砂の堆積が拡散している様子がシアンの筋で表された。赤で表示された部分は災害前に植生だった場所が災害後に地面が削れて陰影部になったことで散乱強度が減少したと考えられる。シアンで表示された部分は災害前に植生域だった場所が裸地域に変化した、あるいは土砂が堆積したために散乱強度が増加したと考えられる。また、加色混合法における NDVI と GSI による解析との相違点として加色処理した画像で斜面崩壊と土砂の堆積の2つの地表変化を同時に捉えることが可能である。

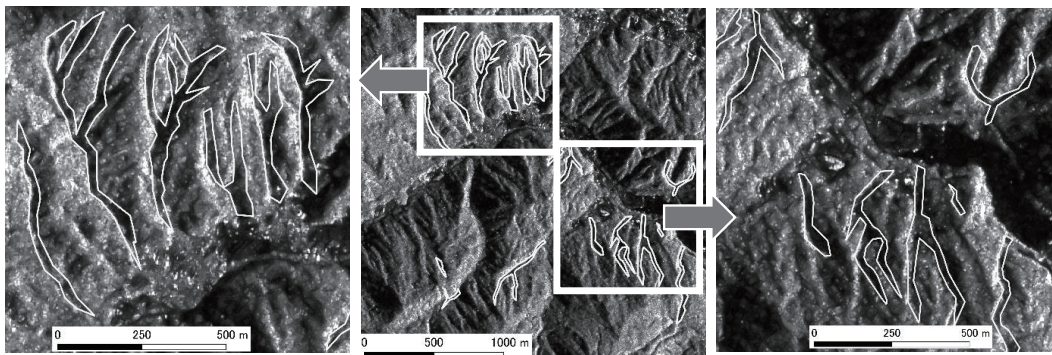


図4：加色混合法による斜面崩壊領域の抽出（ポリゴン：斜面崩壊）

### 3. 3 斜面崩壊面積の評価

航空レーザー測定の結果から広島県砂防課が作成した平成30年7月豪雨での野呂川ダム上流における溪流部の土砂移動域（図5）の面積を災害で発生した斜面崩壊面積として、NDVI と GSI による解析で得た斜面崩壊面積と加色混合法で得た斜面崩壊面積を評価した。その結果、砂防課による斜面崩壊面積は約 30.6 万 m<sup>2</sup> で、NDVI と GSI による斜面崩壊面積は約 18.6 万 m<sup>2</sup>、加色混合法で得た斜面崩壊面積は約 25.4 万 m<sup>2</sup> であった（表2）。

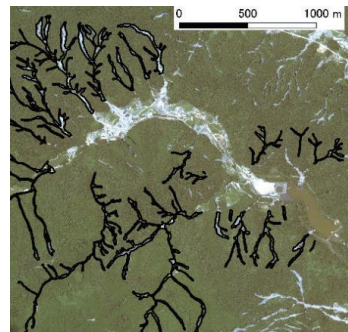


図5：広島県砂防課の斜面崩壊領域

表 2：各解析方法による斜面の崩壊面積

	広島県砂防課	NDVIとGSI	加色混合法
斜面崩壊面積(万m <sup>2</sup> )	30.6	18.6	25.4

NDVI と GSI による解析で得た斜面崩壊面積は広島砂防課の斜面崩壊面積と比較すると、約 10 万 m<sup>2</sup> 程度少ない結果が得られた。これは斜面崩壊により発生した大量の土砂が植生の直下を通過したために光学画像で表面の植生しか捉えられなかったことが主要な原因だと考えられる。また加色混合法で得た斜面崩壊面積と広島砂防課の斜面崩壊面積と比較すると、約 5 万 m<sup>2</sup> 程度少ない結果が得られた。これは SAR 画像の特性上撮影した画像に歪みが生じてしまうことから、実際の斜面崩壊領域よりも小さく評価されたためだと考えられる。それに加えて、SAR 画像では比較的小さい規模の斜面崩壊が抽出できなかったことが原因だと考えられる。

#### 4. まとめと今後の展望

##### NDVI と GSI による解析(光学画像)

- NDVI と GSI による斜面崩壊面積は約 18.6 万 m<sup>2</sup> であり、広島県砂防課のものとは比べて約 10 万 m<sup>2</sup> 程度少ない結果となった。
- 災害前と災害後の画像を解析することで、災害で発生した斜面崩壊領域のみを抽出できたため、災害前に裸地域であった箇所を斜面崩壊領域と誤認識する可能性が少なくなる。
- NDVI と GSI による解析で斜面崩壊領域の自動抽出ができたため、災害時において斜面崩壊領域の早期発見が期待される。

##### 加色混合法 (SAR 画像)

- 加色混合法による斜面崩壊面積は約 25.4 万 m<sup>2</sup> であり、広島県砂防課のものとは比べて約 5 万 m<sup>2</sup> 程度少ない結果となった。
- 加色混合法で災害前後を比較することで斜面崩壊領域と共に斜面崩壊による土砂の堆積箇所を抽出できた。
- SAR 画像で大規模な斜面崩壊領域を抽出するのは比較的容易であるが、SAR 画像の解像度によっては小規模の地表の変化を抽出するのは困難である。

##### 今後の展望

- DEM や傾斜角度、溪流の位置などのパラメータを併用して、斜面崩壊領域の抽出精度の向上を図る。
- 斜面崩壊面積や LP データ、その他のパラメータを用いて斜面の崩壊土砂量の推定を目指す。

##### 参考文献

- 1)河川・ダム部会, 平成 30 年 7 月豪雨災害を踏まえた今後の水害・土砂災害対策のあり方検討会, 2018
- 2)水野正樹, 林真一郎, 清水孝一, 小山内信智:衛星リモートセンシング技術の土砂災害への応用, 土木技術資料, 53-1, 2011
- 3) 国土技術政策総合研究所, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0760pdf/ks076005.pdf>