

衛星画像 NDVI 差分解析を用いた川辺川流域の土砂移動モニタリング

(株)建設技術研究所 ○近藤圭悟, 井内拓馬, 家田泰弘, 日名純也, 清水万莉子, 西尾潤太  
 国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所 熊谷隆則, 下窪和洋, 大原崇裕(現:八代河川国道事務所),  
 地町優志(現:宮崎河川国道事務所), 紫垣敬翔

1. はじめに

川辺川流域では、流域モニタリングのDX化を推進しており、その一環として、衛星データを活用した森林状況を網羅的に把握する手法の検討を進めている。近年、流域治水の観点から、森林の荒廃状況と土砂移動との関係性を把握する必要性が高まっている。

森林の荒廃要因には、①伐採・植林等の人為的改変、②食害等の自然改変、③降雨や地震等の自然災害による変化がある。このため、森林状況のモニタリングには、年1回程度の「定期的把握」と、中小規模から大規模な降雨後に行う「臨時的把握」の双方が求められる。

本研究では、衛星データのうち植生指標である NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) に着目し、その差分により森林状況を網羅的に把握する手法を検討した。本研究の目的は、「臨時的把握」の観点から、衛星画像の NDVI 差分解析を用いて斜面崩壊と植生変化との関係性を分析し、NDVI 差分により抽出可能な崩壊規模や特徴を明らかにすることである。

2. NDVI の概要

NDVI は、衛星データのうち可視光 (赤) と近赤外線 (赤外線) の反射率を利用して植生の量や活性度を示す指標であり、植生が密な地域ほど高い値を示す特徴を持つ (図 1)。この特性を活用し二時期での差分解析を行うことで、森林状態の時間変化を把握可能である。

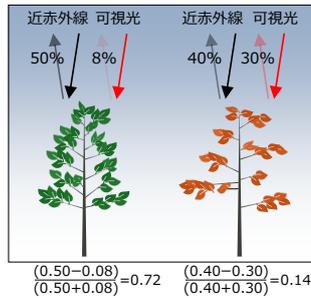


図 1 NDVI の概念図

3. 方法

本研究では、令和 2 年 7 月豪雨による斜面崩壊の実績と、豪雨前後に取得された衛星画像を用いた NDVI 差分解析結果との対応関係を明らかにすることを試みた。

3.1 使用する光学衛星画像の選定

NDVI 解析の実施にあたっては、崩壊地の抽出規模に影響する空間分解能、迅速な災害対応のために重要な観測頻度、継続的な運用を可能とする費用面が、衛星画像の選定における重要な要素となる。これらの観点から、本研究では、無償で利用可能であり、空間分解能 (10m) および観測頻度 (5 日に 1 回) に優れる Sentinel-2 を使用した。なお、川辺川流域における観測時刻は午前 11 時頃で一定しており、日照条件の影響は小さいと考えられる。

3.2 データの入手およびシーン選定

衛星画像は雲により一部が遮蔽されることがあるため、雲の少ないデータ取得時期を選定する必要がある。本研究では、対象流域における雲の遮蔽状況を確認し、解析に適した取得時期の画像を選定した (表 1)。また、可能な限り短期間で比較可能な時系列の画像を用いた。

3.3 NDVI 差分解析方法

3.3.1 NDVI および RGB 画像の作成

選定した二時期の Sentinel-2 画像から、NDVI 画像および RGB 画像をそれぞれ作成した。RGB 画像は植生や土地利用の視覚的確認に用いた。

表 1 衛星画像の観測状況 (R2.7 豪雨前後)

Sentinel-2 観測日	雲による地表の遮蔽率	6/5 (0%)	6/10 (30%)
2020/6/5	0%	川辺川流域 RGB画像	6/10 (30%)
2020/6/10	30%		
2020/6/15	100%		
2020/6/20	100%		
2020/6/25	100%		
2020/6/30	100%		
2020/7/5	100%	8/19 (0%)	8/24 (80%)
2020/7/10	100%		
2020/7/15	100%		
2020/7/20	90%		
2020/7/25	100%		
2020/7/30	30%		
2020/8/4	5%	8/19 (0%)	8/24 (80%)
2020/8/9	60%		
2020/8/14	3%		
2020/8/19	0%		
2020/8/24	80%		
2020/8/29	3%		

3.3.2 NDVI 差分解析

古い時期の NDVI から新しい時期の NDVI を減じて、NDVI の変化量を算出した。新しい時期の植生密度が減少 (NDVI が減少) していれば差分値は正となり、植生密度が増加 (NDVI が増加) していれば差分値は負となる。得られた差分画像を GIS 上で可視化し、視覚的に変化領域を把握できるようにした。

3.4 解析結果の分析方法

3.4.1 顕著な変化領域の抽出

NDVI 差分画像において、令和 2 年 7 月豪雨後の崩壊地 (既往判読結果) に着目し、特に値の変動が大きい領域を抽出した。一般に出水期には植生が増加傾向にあることから、この時期に NDVI が減少している場合、植生の消失を伴う崩壊や土砂移動など、何らかの地表変化が生じた可能性が高いと考えられる。

3.4.2 抽出可能規模の分析

抽出された領域について、二時期の RGB 画像や LP 差分結果等と比較し、令和 2 年 7 月豪雨による崩壊地との対応を確認した。まず、1,000m<sup>2</sup> 以上の崩壊地が NDVI 差分画像において識別可能であるかを確認した (図 2)。

NDVI 差分 (2020/6/5-2020/8/19) LP 差分 (2019年-2020年豪雨後)

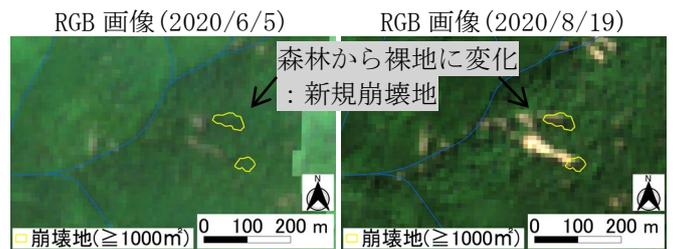


図 2 NDVI 差分解析結果と崩壊地の比較

表2 崩壊形態の分類

分類	定義 (※崩壊地判読結果のうち1,000m <sup>2</sup> 以上を対象)
新規崩壊	降雨前は森林であり、降雨後に裸地へと変化した崩壊地。
拡大崩壊	降雨前に存在した裸地(旧崩壊地)から、降雨後に範囲が拡大した崩壊地。
再崩壊	降雨前に存在した裸地(旧崩壊地)において、再度侵食が生じた崩壊地。
変化なし	上記のいずれにも該当せず、当該期間中に明確な変化が認められない旧崩壊地。

次に、NDVI 差分値と崩壊地の関連性を把握するため、崩壊地内(既往判読結果)におけるNDVI 差分値の頻度分布を分析した。さらに、NDVI 差分値の閾値を設定することで崩壊地を抽出することを目指し、崩壊地におけるNDVI 差分値の中央値を算出した(図3)。

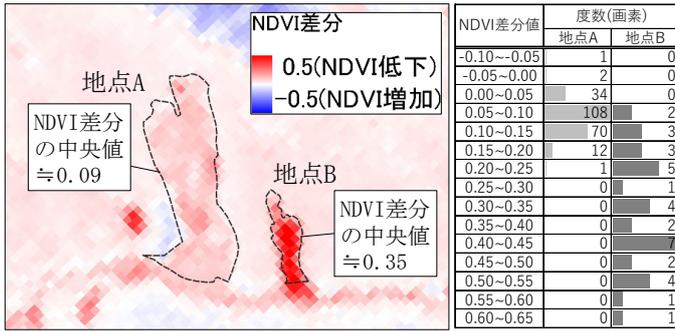


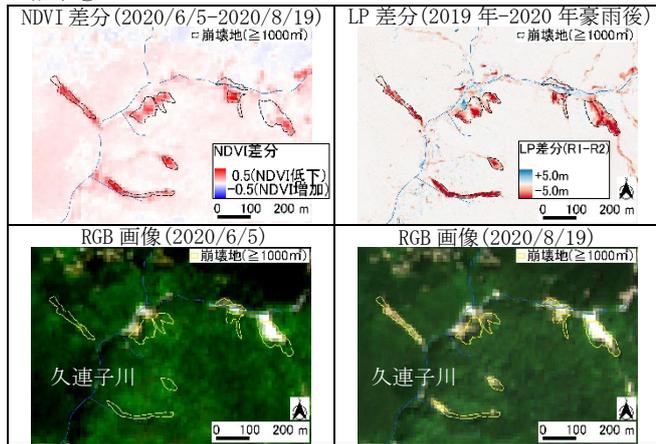
図3 NDVI 差分析結果の定量的評価方法

4. 結果

4.1 顕著な変化領域と崩壊地の関係性

NDVI 差分析の結果、顕著な変化が見られた領域と、豪雨後に確認された崩壊地の位置を比較したところ、1,000m<sup>2</sup>以上の崩壊地で両者が概ね一致していた(図4)。この結果から、NDVI 差分析は土砂移動や斜面崩壊の発生箇所を把握する有効な手法であることが示された。

結果①



結果②

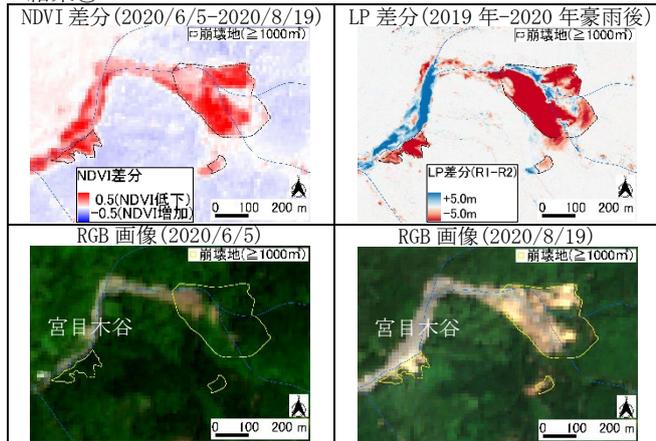


図4 NDVI 差分と崩壊箇所の比較結果

4.2 土砂移動抽出可能規模の把握

4.2.1 既往崩壊地判読結果の分類

令和2年7月豪雨後に作成された崩壊地判読結果を豪雨前後のLP 差分析結果と比較することで、表2に示す崩壊形態に分類した。これにより、NDVI 変化の程度と実際の土砂移動形態との対応関係をより詳細に分析した。

4.2.2 土砂移動抽出可能規模の把握

NDVI 変化と崩壊規模の関係を調査した結果を図5に示す。崩壊地のNDVI 差分値(中央値)を指標として分析を行った結果、新規崩壊および拡大崩壊においてNDVI の変化量が大きいたことが確認された。一方で、崩壊が発生していない箇所(変化なし)では、NDVI の低下量は0.10未満であった。このことから、NDVI 差分値が0.10以上となる領域を崩壊の疑いがある箇所として抽出することが可能と考えられる。実際にこの閾値を適用した結果、1,000m<sup>2</sup>以上の新規崩壊地のおよそ80%が抽出対象として捉えられた。ただし、自動抽出を行う際には、中央値の算出範囲や対象領域の設定など、適切な条件設定が必要である。

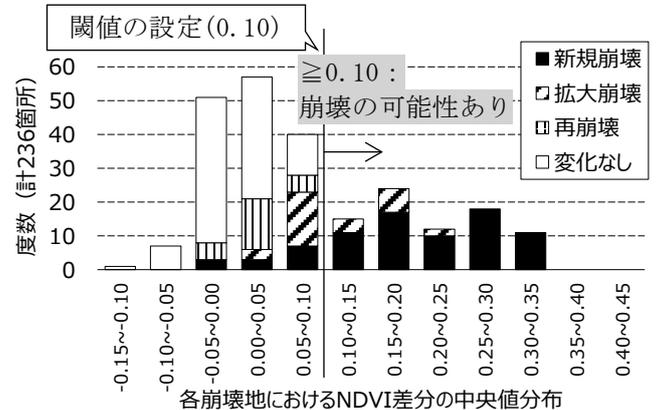


図5 崩壊形態とNDVI 差分の中央値の関係

5. まとめ

本研究では、衛星画像を用いたNDVI 差分析を行い、川辺川流域における土砂移動のモニタリング手法を検討した。令和2年7月豪雨前後の衛星画像を用いた解析により、NDVI の顕著な変化が実際の崩壊地と対応することが確認された。また、NDVI 差分により1,000m<sup>2</sup>以上の崩壊地を視覚的に識別可能であることが示された。

NDVI 差分析は、豪雨等の自然災害時における「臨時的把握」に有効であり、広範囲の崩壊状況を迅速かつ網羅的に把握する手法として活用が期待される。しかし、光学衛星画像は雲の影響を受けやすいため、災害直後の観測が確実に得られるとは限らず、観測可能かどうかは遮雲状況に左右される。

この課題への対応としては、雲の影響を受けないSAR画像の活用が挙げられる。しかし、SAR画像はノイズが多く、高度な判読技術を要する上、不可視領域も存在する<sup>1)</sup>。一方、NDVI 差分析は、比較的簡便に視覚的な判読が可能であり、LP 測量と比べて早期に森林状況を網羅的に把握できる点において優れている。

参考文献 1) 近藤・家田ら、衛星画像解析による崩壊地自動抽出等を活用した流域モニタリングについて、令和6年度砂防学会研究発表会概要集, p.311-312, 2024.