# 27) 地理空間情報を用いた表層崩壊に伴う流木の発生危険箇所予測の可能性

佐藤 梓1・佐久間 東陽2・桑原 祐史3

<sup>1</sup>学生会員 茨城大学大学院 理工学研究科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1) E-mail:18mn813h@vc.ibaraki.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1) 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2) E-mail:asahi.s119@gmail.com

<sup>3</sup>正会員 茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター (〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1) E-mail:yuji.kuwahara.rs@vc.ibaraki.ac.jp

近年,流木を伴った土石流の流下により,流木災害が顕在化し大きな社会問題になっている.現在行われている流木対策として流木捕捉工が挙げられるが,その具体的な配置場所に関する記述はごくわずかである.広域に分布する森林に対し,より効果的かつ効率的な流木対策を行うために,広域性・周期性といった特長を有する衛星リモートセンシングの活用が期待される.本研究は,林野庁が 2015年に公開した地形要因を用いた流木発生危険箇所の推定方法に加え,森林内の樹木の動的な要因を考慮するために,衛星画像より作成した NDVI 時系列データを用いて算出した時系列指標が,流木発生危険箇所の推定に有効であるか否か ROC 解析を行い考察した.その結果,災害の形態によっては NDVI が土砂崩壊と高い相関を持つ箇所もあり,予測展開の新たな着目点になることが伺えた.

Key Words: driftwood, terrain property, satellite imagery, NDVI, ROC analysis

## 1. はじめに

近年,流木を伴った土石流の流下により,流木災害 が顕在化し,橋梁の閉塞や氾濫,流失,家屋の破壊を引 き起こすなど大きな社会問題になっている<sup>10</sup>.特に平成 29年7月九州北部豪雨では,福岡県朝倉市・東峰村や大 分県日田市において,大量の流木が土砂とともに流出し たことで,河道閉塞や落橋,孤立地区の発生など,甚大 な被害をもたらした<sup>23</sup>.

現在行われている流木・土石流対策としては、主と して透過型砂防堰堤などの流木捕捉工が用いられており、 その形式や形状は砂防基本計画指針にて取りまとめられ ている<sup>4</sup>.捕捉工の設置場所については、土砂移動の形 態を考慮し決定するが、具体的な配置場所に関する記述 はごくわずかである.国土の約7割を占め広域に分布す る森林内の、すべての渓流に流木対策工を設置すること は、限られた人員・予算では困難である.

そこで、広域性・周期性といった特長を有する衛星 リモートセンシングを活用し、流木の発生危険性の高い 箇所を予測することで、より効果的かつ効率的な対策が 可能になると考える. そのような中で、林野庁では地形 要因から流木発生危険箇所の推定が行われているが<sup>1)</sup>、 地形要因のみでは森林内の樹木の経時的な動態を表現す ることは困難である.

そこで本研究では、林野庁で規定されている既存の 山腹崩壊危険度判定方法<sup>1</sup>に加え、森林内の樹木の動的 な要因を考慮するために、衛星画像より算出される植生 指標を用いて時系列データに着目し、流木発生危険箇所 予測に有効であるか否かを評価することを目的とした.

以下に解析目標を示す.

- (a) 林野庁の山腹崩壊危険度判定を行い,実際の被害地 点と比較することで結果の検証を行う.
- (b) 一般的に植生バイオマスが最大となる8月に観測された衛星画像から植生指標を算出し、10年間の時系列データを求める.
- (c) ROC 曲線下面積(AUC)を用いて(a), (b)について
  判別性能の評価を行う.

2. 方法

#### (1) 解析対象領域

平成 29 年 7 月九州北部豪雨被災地である福岡県朝倉 市・東峰村と大分県日田市を対象地域とした.

#### (2) 山腹崩壊危険度判定

林野庁「平成 26 年度山地災害等対策調査(流木災害 対策手法検討調査)委託事業報告書」<sup>1)</sup>に従い,10 m 数 値標高モデル(Digital Elevation Model: DEM)を用いて, 100 m×100 mメッシュごとに対象地域の評価を行った. 発生頻度が高い降雨を誘因とする表層崩壊と,それに伴 う流木の発生を検討することから以下の6項目について 解析を行った.各解析項目と使用データを以下に示す. (a)地質:20万分の1日本シームレス地質図 (b)傾斜:数値標高モデル(10 mメッシュ) (c)縦断面形:数値標高モデル(10 mメッシュ)

- (e) 土層深:数値標高モデル(10mメッシュ)
- (f) 林況(樹種・齢級):森林簿,現存植生図
- (a)~(f)の解析項目と山腹崩壊危険度点数の対応表(表
- -1)を用いて、山腹崩壊危険度を算出した.

### (3) NDVI 時系列指標の算出

植生の活性度を表す正規化植生指標 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)を、衛星画像から式(1)を用いて 求め<sup>3</sup>, NDVI 時系列指標を算出した. その後, NDVI 時 系列データより各指標(回帰直線の傾き・最大値・最小 値・平均値)を算出した. NDVI の値は、-1~+1 の値域 をとり、植生の活性度が高いほど+1に、低いほど-1に近 づく.

$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}}$	(1)
<i>ρ<sub>NIR</sub></i> : 近赤外バンドの反射率 <i>ρ<sub>Red</sub></i> : 可視赤バンドの反射率	

衛星画像は, Tena/ASTER (空間分解能 15 m) と Landsat5/TM, Landsat7/ETM+, Landsat8/OLI (空間分解能 30 m) の画像を米国地質調査所より, 2007 年から 2016 年の 10 年分入手した (表-2). データは植生バイオマスが最大 となる 8月のみを扱った.

#### (3) ROC 解析を用いた判別性能の評価

ROC 曲線とは、閾値を変化させたときの偽陽性率と 真陽性率による各点を結んだものである.本研究におい ては、偽陽性率を実際に災害が起きていない地点を誤っ て起きたと予測した数、真陽性率を実際の災害地点を正 しく災害と予測した数とし ROC 曲線と横軸、縦軸で囲 まれた面積 AUC (Area Under the ROC curve) を評価に用い た.一般に定義されている評価基準をもとに<sup>9</sup>、本研究

表-1 地質,地形及び林況による山腹崩壊危険度点数表<sup>1)</sup>

調本百日		用导	マハ	地			質			
н/	1111년日	里1业	区分	第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類	
	傾斜 (等高線 本数)	% (本)	0~30(3以下)	0	0	0	0	0	0	
1			31~50(4~5)	14	28	28	28	37	14	
			51~70(6~7)	43	85	62	71	77	43	
			71~90(8~9)	71	85	74	85	85	71	
			91~(10以上)	85	71	85	71	71	85	
	縦断 面形		凹型	28	28	28	14	14	28	
2			平滑	14	14	6	9	0	14	
			複合	9	0	0	0	28	0	
			凸型	0	14	14	28	6	0	
	横断 面形	横断 面形 度	~150	14	28	28	28	28	28	
3			151~210	28	14	0	28	9	0	
			211~	0	0	14	0	0	6	
	土層深			0.5m以下	0	0	0	0	0	0
4		深 m	0.5~1.0m以下	9	6	6	6	6	9	
1			1.0~2.0m以下	14	14	14	14	14	14	
			2.0m超	28	28	28	28	28	28	
	樹種		N	6	43	14	43	43	14	
5		樹種	樹種	L · NL	0	0	0	0	0	43
			その他	43	28	43	28	14	0	
	齡級	齢級	~2	28	71	71	62	57	71	
			~4	0	71	57	71	71	48	
6			~8	23	11	11	14	28	14	
			9~10	28	0	0	0	14	0	
			11以上	71	14	6	0	0	14	

観測年	2007	2008	2009	2010	2011	
Terra/ASTER	8/11, 8/18	-	8/2, 8/7, 8/23	8/26	8/13, 8/29	
Landsat5/TM	8/3, 8/10 8/19, 8/26	8/5, 8/12 8/21, 8/28	8/8, 8/15 8/24, 8/31	8/18	8/14	
Landsat7/ETM+	8/11, 8/18, 8/27	8/4, 8/13, 8/20	8/16, 8/23	8/3, 8/19, 8/26	8/13, 8/29	
Landsat8/OLI	-	-	-	-	-	
観測年	2012	2013	2014	2015	2016	
Terra/ASTER	8/15	-	8/30	8/1, 8/8	8/10, 8/19	
Landsat5/TM	-	-	-	-	-	
Landsat7/ETM+	8/15, 8/31	8/2, 8/11 8/18, 8/27	-	8/1, 8/8	8/3, 8/10 8/19, 8/26	
Landsat8/OLI	-	8/3, 8/10 8/19, 8/26	8/6, 8/13 8/22, 8/29	8/9, 8/16, 8/25	8/2, 8/11 8/18, 8/27	



図-1 九州北部豪雨被災地の解析結果(左:山腹崩壊危険度判定,右:NVIの時系列変化)

では0.7未満(poor), 0.7~0.8(acceptable), 0.8~0.9(excellent), 0.9以上(outstanding)として評価した. 判別性能評価に用い る参照データとして,国土地理院のホームページ上で公 開されている正射画像判読図(朝倉地区・東峰地区)か ら 100 m メッシュの 2 値化画像(土砂崩壊地を 1, それ 以外を 0)を作成し,国土数値情報の都市地域(2011年) のみを抽出した画像を用いた.

#### 3. 結果と考察

#### (1) 山腹崩壊危険度判定

山腹崩壊危険度点数表を用いて、九州北部豪雨被災地 について判定項目の点数付けを行ったものを図-1(左) に示す. 点数が高いほど山腹崩壊の危険性が高いと考え られる. しかし、九州北部豪雨の土砂崩壊地との比較を 行ったところ、山腹崩壊危険度が低いにもかかわらず、 土砂崩壊が起こった地点も多々見受けられた.

#### NDVI 時系列データの解析

NDVI時系列データの回帰直線の傾きの空間分布を図-1(右)に示す.ここで山腹崩壊危険度が低く土砂崩壊 が発生していた点を見ると、概ね NDVI が減少していた

(傾きが負).このことから、土砂崩壊に植生活性度の 低下が起因する可能性が示唆された.

#### (3) ROC 解析による判別性能評価

既存の山腹崩壊危険度判定結果,および NDVI 時系列 回帰直線の傾きについて判別性能評価を行ったところ, AUCはそれぞれ 0.37 と 0.80 (図-2) であった. 九州北部 豪雨被災地については、山腹崩壊危険度判定の判別性能 は非常に劣悪であった.しかし判定項目の要素である傾 斜, 土層深(連続地で評価の AUC はそれぞれ 0.78, 0.71 であったことから、地形要因とは別の要因が対象地域の 土砂崩壊に影響した可能性がある.この要因として、九 州北部豪雨では、時間雨量 100 mm を超える豪雨が比較 的狭い範囲に降ったことから,降水量や河川流量等,本 研究で考慮されていない要因について今後モデルに加え ていく必要も伺える.また、山腹崩壊危険度の各項目に おける重み付け(点数付け)が適切でない可能性がある ため、さらなる検討が必要である. さらに、 齢級の AUCは0.68と若干低く、森林簿の欠損部分の補間方法に ついて改善が必要であると考えられる. また、今回は山 腹崩壊危険度の評価方法<sup>1)</sup>に沿い,メッシュサイズを 100 m×100 mで評価したが、実際の崩壊箇所が評価メッ シュに対し小さい範囲の箇所もあり、判別に影響したと 考えられる. NDVI 時系列データに基づいた指標の判別 性能は、高い値(AUC=0.80)を示したため、検討項目 に加える必要性が示されたといえる.

## 4. おわりに

本研究により山腹崩壊危険度判定は、地形要因以外の 要因に影響される可能性、土砂崩壊に植生の生育状況が 関わってくる可能性が示された.今後は、地形要因以外 の要因(降水量、河川流量等)を考慮した検討、齢級の 補間方法、評価メッシュサイズの見直し、より高解像度



図-2 ROC 曲線とALC (左:林野庁に基づく山腹崩壊危険度判定結果,右:各画素のNDVIの平均値)

の衛星画像を利用した検討を行う.また,他の流木・土 砂災害地域についても同様の結果が得られるか検証する.

### 参考文献

- 林野庁:平成 26 年度流域山地災害等対策調査(流木災害 対策手法検討調査)委託事業報告書, 2015.
- 2) 国土交通省九州地方整備局:平成 29 年 7 月九州北部豪雨 に伴う流木発生量(速報値)について, 2017.
- 国土交通省九州地方整備局:平成 29 年 7 月九州北部豪雨 災害からの早期復旧に向けた活動状況, 2017,
   < http://www.qsr.mlit.go.jp/site\_file/file/bousai\_joho/tecforce/H29hoku-</li>

bugouu\_data/H29hokubugouu\_topicset\_1.pdf>, (入手 2018.6.15).

- 国土技術政策総合研究所:砂防基本計画策定指針(土石 流・流木対策編), 2016.
- C. J. Tucker : Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8, pp. 127-150, 1979.
- David W. Hosmer: Applied Logistic Regression Second Edition, pp. 160-164, 2000.