

東北地域と四国地域における発生流木量と流出流木量の関係性解析

東北大学工学部

学生会員 ○中村 雅志

東北大学大学院工学研究科

学生会員 横山 光

東北大学大学院工学研究科

正会員 小森 大輔

1 背景と目的

流木はダムや河川に流出することで、河川構造物の破壊、洪水の助長、ダムの放水機能障害など流木災害を引き起こす。近年、日本では流木を伴う水災害が頻発しており、気候変動による豪雨の増加や、林業の衰退による森林荒廃などから、将来においてさらなる流木流出に伴う水害の激化が懸念されている。

流木は土石流や河岸浸食、風や雪による倒木などの自然現象が発生要因となり、流水の働きにより流出と堆積を繰り返し下流に流出する¹⁾。流域内の流木の水理学的性質に着目した研究は今まで数多くなされてきた一方、流木の発生、流出、堆積などのメカニズムを大局的にとらえた研究は限られている。例えば Seo²⁾らは、北日本と南日本の各 3 つの河川溪流の現地調査結果から、北日本では豪雨の発生が稀なため流木の輸送が制限要因であること、南日本では台風や集中豪雨により発生した流木が河川内に蓄積されにくく、発生が制限要因であることを示した。

そこで本研究は、東北地域と四国地域のダム流域にて、森林地域から発生した流木量（以後、発生流木量とする）を石出・山崎（2008）の手法に基づき衛星画像より推計し³⁾、ダムに流出した流木量（以後、流出流木量とする）との関係を解析した。そして、各対象ダム流域における流木流出特性を考察した。

2 発生流木量の推計方法

2.1. 流木発生地の抽出

石出・山崎（2008）の手法に基づき、土砂災害前後の衛星画像の NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) の差 (ΔNDVI) より崩壊地を抽出した³⁾。なお、NDVI は植生の活性を表す指標で、活性が高いほど値は大きくなる。NDVI は -1 から 1 の値をとり、式 (1) より求まる。

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad (1)$$

ここで、NIR、RED はそれぞれ近赤外域バンドと可視域

赤色バンドの反射強度を示している。抽出された崩壊地は森林地域における崩壊地であることより流木発生地とみなせると考えた。

流木発生地の抽出は、 ΔNDVI の閾値 (th) を ΔNDVI の平均値 (μ) および標準偏差 (σ) を用いて設定し (式 (2))、 $\Delta\text{NDVI} \leq \text{th}$ となる地点を流木発生地とした。

$$\text{th} = \mu - \alpha \times \sigma \quad (2)$$

ここで、 α は任意パラメータであり、石出・山崎 (2008) の手法に基づき $1.0 \leq \alpha \leq 4.0$ の間で最も高い精度が得られた値とした (2.3 章参照)。ただし、災害前の NDVI が 0.5 以下及び災害後の NDVI が 0.8 以上の地点において $\text{th} \leq \Delta\text{NDVI}$ となった場合は抽出対象から除外した。

2.2. 検証地域と使用データ

検証対象地域には 2010 年 7 月豪雨にて土砂崩壊が発生し、国土地理院にて発生箇所の判読結果が公開されている広島県庄原市とした。

衛星画像は Landsat5 の Level1 (放射計測校正済み) を用いた。撮影日は 2009 年 10 月 4 日 (豪雨前) と 2010 年 10 月 7 日 (豪雨後) であり、解像度は各々 30m である。また、衛星画像間のメッシュのズレを解消するため、それぞれ衛星画像を解像度 5.0×10^{-4} 度 (=1.8 秒, 約 60m × 約 40m) に変換した。また、国土数値情報が公開する森林地域データから検証対象地域内の森林地域を抽出した。

2.3. 精度の検証

以下 2 つの指標を用いて精度評価を行った。

1. 抽出率

実際に発生した崩壊地メッシュのうち、画像解析により抽出したメッシュの割合であり、表 1 の $A/(A+B)$ により求められる。

2. 正答率

衛星画像解析により崩壊と判定された箇所の確からしさであり、表 1 の $A/(A+C)$ により求められる。

図 1 に抽出率と正答率の結果を示す。 $\alpha = 2.1$ の閾値で

表 1 精度評価のための分類

		抽出結果	
		崩壊地	崩壊地以外
観測結果	崩壊地	抽出 (A)	抽出漏れ (B)
	崩壊地以外	過剰抽出 (C)	崩壊地以外 (D)

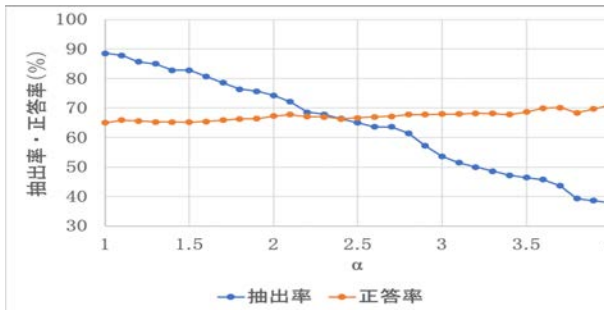


図 1 各閾値における抽出率と正答率

抽出率が 72.1%，正答率が 67.8%と共に高い結果が示された。従って，流木発生地の推定には $\alpha = 2.1$ を用いた。

発生流木量（V）は，式（3）より求めた⁴⁾。

$$V = 2.4 \times 10^{-3} \times 0.567 \times N \times \text{DEN} \quad (3)$$

ここで， 2.4×10^{-3} は1セルあたりの面積（ km^2 ），0.567は流木1本あたりの体積（ $\text{m}^3/\text{本}$ ），Nは流木発生地として抽出されたセル数，DENは森林密度（本/ km^2 ）を表す。

DENはYale大学が公開するデータを用いた⁵⁾。

3. 発生流木量と流出流木量の比較

対象ダム流域は，東北地域は石淵ダム，花山ダム，釜房ダム，白川ダムの4流域，四国地域は鹿野川ダム，野村ダム，石手川ダム，永瀬ダム，桐見ダムの5流域とした。流出流木量データは国土交通省東北地方整備局河川管理課より提供いただいた。

1～5年間の発生流木量の積算値と年流出流木量との相関係数に関して，東北地域における結果を図2に，四国地域における結果を図3に示す。東北地域においては，年発生流木量と年流出流木量の相関が比較的高く，2年以上の発生流木量の積算値と年流出流木量は無相関に近い結果となった。すなわち，発生した流木の多くはその年のうちに流出することが推察された。

一方，四国地域においては，そのような傾向はみられず，逆相関もみられたことから，森林地帯以外からの流木発生が流出流木量に大きく寄与している可能性が推察された。また，年発生流木量と年流出流木量は無相関に近く，発生した流木の多くはその年のうちに堆積され

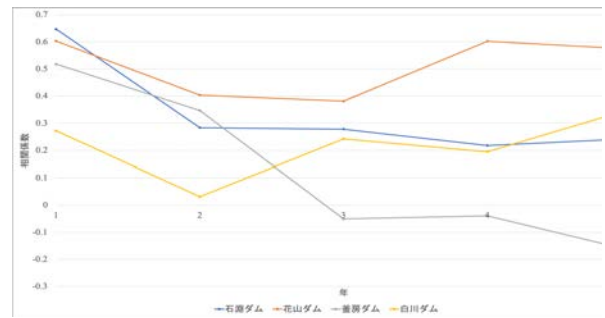


図 2 東北地域における相関係数

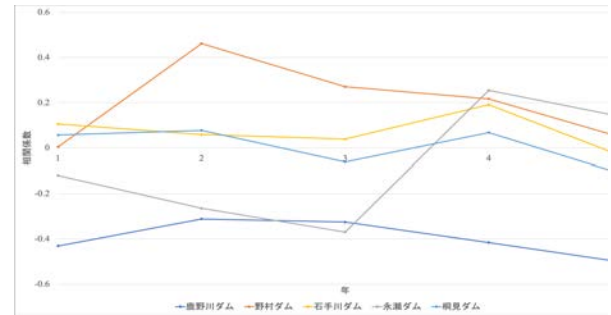


図 3 四国地域における相関係数

翌年以降に流出する可能性が推察された。

謝辞：本研究は，一般財団法人河川情報センター，科学研究費補助金（代表：小森大輔：19H02395）の支援により実施された。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 清水収：山地流域における天然流木ダムの形成・破壊と流木の流出過程，砂防学会誌，Vol.62(3)，pp.3-13，2009
- 2) Jung Seo, Futoshi Nakamura, Kun Woo, Chun Suk, Woo Kim, Gordon E.: Grant Precipitation patterns control the distribution and export of large wood at the catchment scale Hydro 1. Processes Vol.29, 5044-5057 2015
- 3) 石出貴大，山崎文雄：ALOS/AVNIR-2 画像を用いた 2008 年岩手・宮城内陸地震における斜面崩壊の検出，日本地震工学会論文集，vol. 10, No.3, pp12-24, 2010.
- 4) 横山光，小森大輔，Thapthai Chaithong：平成 29 年九州北部豪雨における寺内ダム流域の流出メカニズムの解明，水工学論文集，vol.64, pp.169-174, 2019.
- 5) EliScholar – A Digital Platform for Scholarly Publishing at Yale, Global tree density map (https://elischolar.library.yale.edu/yale_fes_data/1/，閲覧日：12月21日)