

流木の流出過程が山地河川の橋の閉塞に及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科 ○安井鴻騎 正岡直也 小杉賢一朗
 京都大学防災研究所 中谷加奈
 立命館大学理工学部 里深好文

1. はじめに

山間部で土砂災害が発生すると、崩壊部や侵食部の樹木が土砂とともに山地河川から発生・流下することがある。流木は構造物に衝突して直接的に被害を及ぼすだけでなく、橋を閉塞させることで水や土砂氾濫し、周辺に被害が拡大する原因にもなる。流木による橋の閉塞に関する既往研究は、流出した全流木の本数や濃度、流木量に着目したものが大部分である。一方、同じ流木量が発生した場合でも、各時刻における流木の流下密度の違いにより閉塞・非閉塞が変わることは災害状況や実験観察からも明らかだが、橋に到達する際の流木濃度の時間的変化に着目したものは殆どない。本研究では、流木濃度の時間的変化に着目して、橋の閉塞に及ぼす影響を検討することを目的とした。先行研究の水理実験の映像から、異なる時間分解能での流木濃度の時間的変化を算出し、閉塞時・非閉塞時の違いを分析した。また、異なる時間分解能での濃度のピーク値と、以前の研究での平均濃度を比較し、閉塞・非閉塞の判別指標としての妥当性を検討した。

2. 実験方法

中谷ら(2018)の実験を検討対象とした。水路長 400 cm、幅 20 cm の直線水路で、水理条件は勾配 2 度、流量 3.17 L/s、平均流速 1.13 m/s、橋脚無しのワンスパンの橋模型を用いた。流木模型は比重 0.8、直径の丸太形状で、①余裕高 2 mm、流木長 10 cm ②余裕高 8 mm、流木長 10 cm ③余裕高 2 mm、流木長 5 cm の条件で投入本数を変えた各試行を対象とした。橋模型の 20 cm 上流を基準線として、上空から撮影した動画より求めた 0.05 - 0.2 秒 (0.05 秒刻み) 毎の流木本数から単位時間あたりの流木濃度を算出して、閉塞と非閉塞の条件を整理した。更に、各条件でロジスティック回帰分析を行い、時間変化を考慮した 0.05 秒毎の流木濃度のピーク値と、既往検討で用いられた流出する全体の流木濃度について閉塞・非閉塞の判別指標として比較検討した。

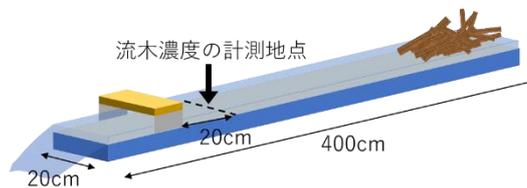


図1：実験の概要

3. 結果と考察

ロジスティック回帰分析で求めた各単位時間あたりの流木濃度のピーク値の対数尤度を表1に示す。対数尤度はロジスティック回帰分析の推定式のもっともらしさを表す数値であり、値が大きいほど閉塞の判別精度が高いことを表す。条件①と②では短い単位時間あたりのピーク値の対数尤度が大きくなり、全体の流木濃度を用いるよりも判別精度が高かった。一方で条件③では全体の濃度を用いる場合と大きな差が見られなかった。

図2に、3条件のそれぞれで最も対数尤度が大きかった時間分解能

表1：ロジスティック解析から求めた単位時間あたりの流木濃度のピーク値を指標とした場合の対数尤度

時間 (秒)	条件①	条件②	条件③
0.05	-15.96	-18.21	-25.89
0.1	-14.01	-16.25	-25.24
0.15	-15.30	-14.73	-23.75
0.2	-16.53	-13.58	-24.80
全体	-23.97	-26.93	-27.87

について、実験結果とロジスティック解析で得た閉塞確率の回帰曲線を示す。実験結果の閉塞や非閉塞と、回帰曲線から得られた閉塞確率 0.5 の流木濃度の対応を確認すると、確率 0.5 未満の濃度で閉塞した試行ならびに 0.5 以上の濃度で非閉塞だった試行の合計数（以降判別ミス数と呼ぶ）が小さいほどロジスティック解析による閉塞・非閉塞の判別精度が高いといえる。条件①の判別ミス数は時間分解能 0.1 秒では 5 件に対して、平均濃度では 12 件で、分解能 0.1 秒の方が精度が高い。条件②でも、時間分解能 0.2 秒の判別ミス数 9 に対して、平均濃度では 14 件と分解能 0.2 秒の方が精度が高い。一方、条件③の判別ミス数は時間分解能 0.15 秒では 10 件に対して、平均濃度では 11 と両者に大きな差が見られない。

図 3 に、条件①の 0.1 秒毎の流木濃度の推移、条件②の 0.2 秒毎の流木濃度の推移、条件③の 0.15 秒毎の流木濃度の推移を示す。条件①は閉塞した試行では非閉塞の試行より流木濃度のピーク値が高く、ピークに到達する前の流木濃度も非閉塞よりも大きい傾向が確認できる。条件②では、閉塞した試行は閉塞しなかった試行よりも流木濃度のピーク値がやや高い一方で、ピーク前の流木濃度は閉塞しなかった試行の方がやや高い。急激な流木濃度の上昇が閉塞に寄与したと推測される。このように条件①や②では、短い単位時間当たりの流木濃度やそのピーク値が閉塞・非閉塞の判別指標として有用であることを示した。しかし条件③では閉塞と非閉塞の差が明瞭でなく、短い単位時間あたりと全体の流木濃度を指標とした場合の差は小さかった。条件①②と比べて流木長が短いために流木が上下に重なりにくく、重なった流木が橋桁に接触しても上側の流木が後ろにずれることで重なりが解消されやすく、閉塞するために必要な流木塊の発生しやすさや流木塊の安定性による違いが影響したためだと考えられる。流木長や橋の形状により、短い単位時間当たりの流木濃度の変化やそのピーク値を用いることで全体の流木量を用いるよりも閉塞・非閉塞の境界が判別しやすい場合があることが示された一方、それ以外の流木塊の発生しやすさや安定性などの条件を考慮する必要がある場合があることも明らかになった。

参考文献：中谷ら(2018)，土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.74, No.5, I_1081-1086

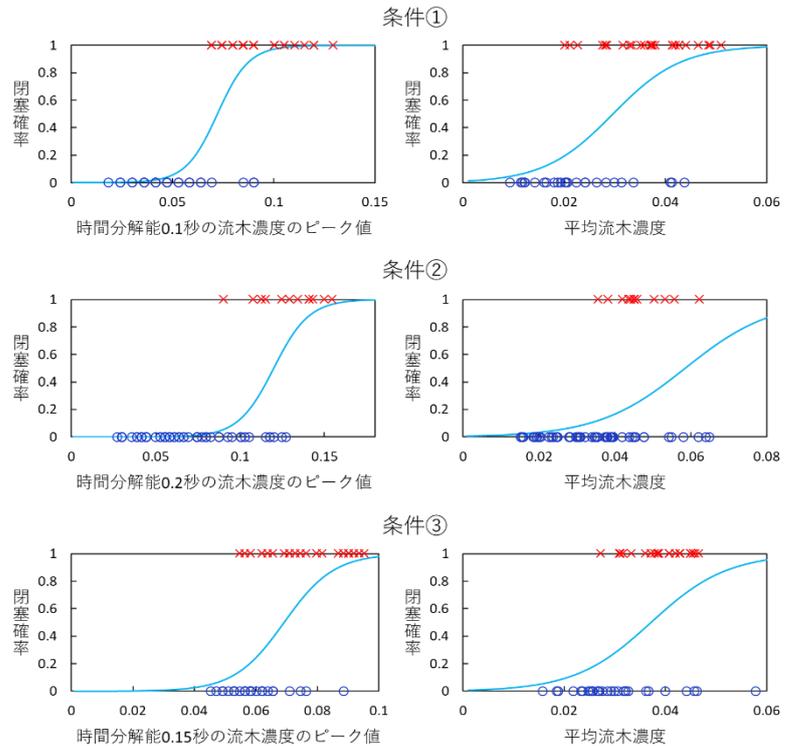


図 2：最も対数尤度が大きい時間分解能（条件①0.1 秒，条件②0.2 秒，③0.15 秒、左側）並びに平均濃度を採用した（右側）実験結果とロジスティック解析で得た閉塞確率の回帰曲線

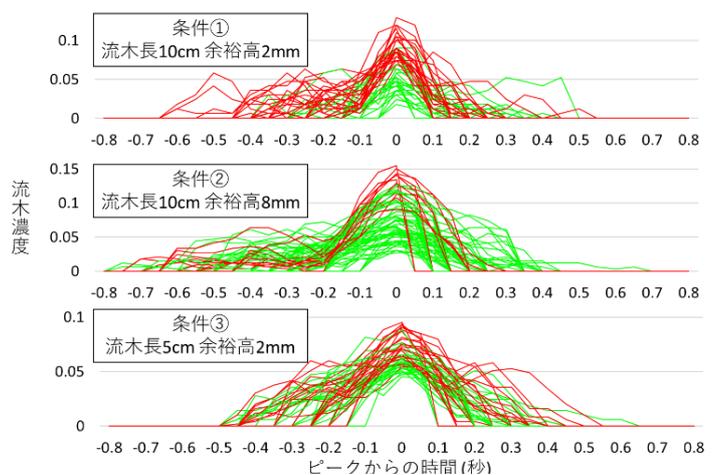


図 3：流木濃度の時間変化（上：条件①の 0.1 秒毎、中：条件②の 0.2 秒毎、下：条件③の 0.15 秒毎）