

植生抵抗の詳細モデル化による鬼怒川での流下能力評価・局所流解析に関する研究

芝浦工業大学大学院 学生員 ○藤岡 慶悟
芝浦工業大学工学部 正会員 宮本 仁志

1. 序 論

近年、日本の多くの河川で河道内の樹林化が進行している。樹林化は、洪水時の流下能力低下や局所的な水位上昇、流木などの原因となり、河道管理の課題となる。UAV 空撮による写真測量技術などの発展によって河道内の植生状態・河道形状の詳細が取得可能となってきたが、それら空間情報をどの程度の分解能で流れの解析モデルに導入するかについては、計算負荷も含めて工学的実用性の側面から検討の余地がある。本研究では、流れの解析モデルにおける植生抵抗の空間分解能を変化させ、粗・密のみで与える簡易表現と植物種毎に情報を与える詳細表現の 2 パターンを比較し、植生抵抗の詳細なモデル化が流れの解析に与える影響を検討した。

2. 対象河川

図-1 に、本研究で対象とする鬼怒川流域の概要と観測地点を示す。2015 年 9 月の関東・東北豪雨による大水害¹⁾の発生直後から 2019 年 11 月の 5 年間、筆者らは図-1 に示す利根川合流地点上流 100km の 13 地点において UAV を用いた現地観測調査を行なった²⁾。各地点はそれぞれ縦断方向に約 2km の河道区間をもつ。本研究では、そのうち 11k・46k・76k の 3 地点を対象として植生抵抗の詳細モデル化を行い、流れの解析を実施した。

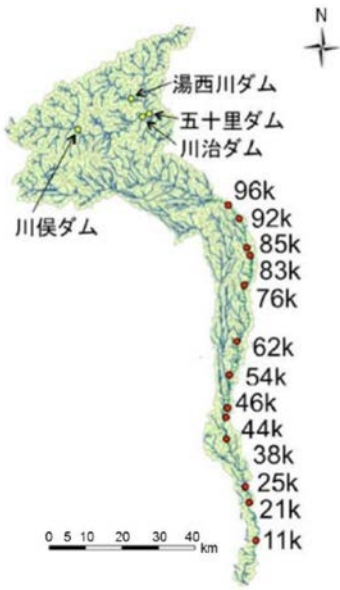


図-1 鬼怒川流域と観測地点

3. 手 法

3. 1. 流れの解析モデル

本研究では、水理解析用ソフト iRIC (Nays 2DH ver3.0)³⁾を用いて流れの解析を実施した。河道地形は UAV 空撮画像を SfM 処理して得られた DSM を元にし、流水部分等に断面補正を施すことで作成した。

3. 2. 植生抵抗の詳細モデル化

植生抵抗の詳細モデル化は、流れの解析モデルにおける植生密度 a_s と樹高を介して実施した。次式に植生密度 a_s の定義を示す。

$$a_s = \frac{n_s D_s}{S_s^2} \tag{1}$$

ここに、 n_s : 解析単位セルあたりの植物本数、 D_s : 植物の胸高直径、 S_s^2 : 解析単位セルの面積である。

表-1 に各植物種について樹高・植生密度 a_s を含む植生データ^{4,5)}をまとめた。表-1 の植生密度 a_s ・樹高の値を各観測地点における植生図⁶⁾に適用し、解析単位セルあたりの植生抵抗の詳細モデル化を実装した。

一方、植生密度を粗・密のみで与える簡易表現では、UAV のオルソ画像から判別して密な部分については 0.05 を、疎な部分については 0.03 とし、樹高について DSM から判断して 3~10m を与えた。

表-1 植物種ごとの植生データ一覧

	樹高(m)	直径(m)	根鉢の直径	根鉢の面積	密度	a_s	重み付き樹高	重み付き a_s
クヌギ	10.9	0.152	5.45	23.3	0.120	0.018	12.1	0.036
コナラ	13.0	0.600	6.50	33.2	0.080	0.048		
スギ	11.0	0.110	5.50	23.8	0.190	0.021		
ヒノキ	14.0	0.320	7.00	38.5	0.064	0.020		
サワラ	20.0	0.280	10.0	78.5	0.050	0.014	16.8	0.108
オギ	1.50	0.005	1.50	1.77	80.0	0.400		
ヤナギ	3.00	0.040	3.00	7.07	0.149	0.006		
ニセアカシア	14.0	0.080	7.00	38.5	0.273	0.022		
オニグルミ	13.0	0.140	6.50	33.2	0.100	0.014		

〈注〉 色付文字は解析使用データ。青背景のクヌギ・コナラ混合林と赤背景のスギ・ヒノキ・サワラ混合林はそれぞれ重み付き平均値を解析に使用。

4. 結果と考察

4. 1. 植生抵抗の詳細モデル化における流下能力の再現性検証

図-2 は、植生抵抗が粗・密のみの簡易表現と植物種毎の詳細表現の2パターンにおける洪水流量3500, 4000, 4500m³/s に対する最大水位の縦断分布である。植物種毎の詳細表現では、11k 地点は5種の植物種の分布が確認された。両図より、12.5~12.6k において4500m³/s で最大水位が計画高水位を超えており、約4300m³/s が洪水流量の最大流下能力であったことがわかる。これより植生抵抗の簡易表現と詳細表現は植生抵抗の詳細は異なるが、ともに同等の流下能力評価となることが確認される。

4. 2. 76k 地点でのせん断応力分布の比較

図-3 に、76k 地点での詳細・簡易モデルによるせん断応力の差分分布を示す。河川は図の上部から下部方向に流れる。図-3(a)より、植生抵抗の詳細モデル化は、ヤナギ群落においてせん断応力を増加させ、群落周辺では逆に減少させる。一方、図-3(b)より、ニセアカシア群落では群落上流側にてせん断応力評価が増加し下流側で詳細モデル化の影響は少なくなる。その一方で、群落周辺の低水路内でせん断応力の差分が増加したことから、ニセアカシア群落の場合は局所的な流れの集中が生起される傾向が見てとれる。これらより、図-3 に示す河道部分では、ニセアカシア群落は局所流の集中を招く可能性があるため、伐採の優先対象となる可能性が示される。植生抵抗の詳細モデル化はこのような局所流解析に有効といえる。

4. 3. 植物種の違いによる局所流変化の感度分析

植物種の相違による局所流変化の程度を確認するため、76k 地点においてヤナギ群落とニセアカシア群落の分布を交換したモデル解析を実施した。図-4 に結果を示す。ニセアカシアからヤナギ

への置換地点周辺ではせん断応力が小さく評価され、一方、ヤナギからニセアカシアへの置換地点周辺では逆にせん断応力が大きく評価された。これらの結果は、4.2 の議論と同じくニセアカシア群落の局所流への影響の大きさを示しており、植物種の相違で局所流の評価が大きく異なることが確認された。

参考文献: 1)国土交通省関東地方整備局: 平成 27 年 9 月関東東北豪雨関連情報について, <https://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000174.html> (2023/1/6:接続確認). 2)飯村,宮本他: UAV 計測による洪水インパクトが鬼怒川の河道植生に与えた影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, I_1069-I_1074, 2017. 3)河川の流れ・河床変動解析ソフト iRIC, <https://i-ric.org/ja/> (2023/3/29 接続確認). 4)油川, 渡邊, 阿部: 沙流川 2003 年 8 月洪水における樹木の倒伏状況から算定される流速, 水工学論文集, vol.49, pp.583-588, 2005. 5) 國崎, 柴田, 甲田, 渡辺: 滝沢演習林広葉樹見本林の林分調査資料(2004 年), 岩手大学農学部演習林報告, 39 号, pp.15-20, 2008. 6)生物多様性センター: 植生調査(1/2.5 万) 都道府県別一覧, <http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-025.html?kind=vg67> (2023/3/29 接続確認).

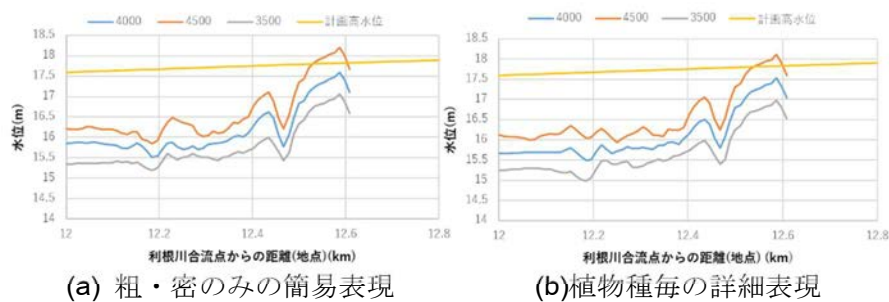


図-2 11k 地点における高水水位の縦断分布(12-12.6k 区間)

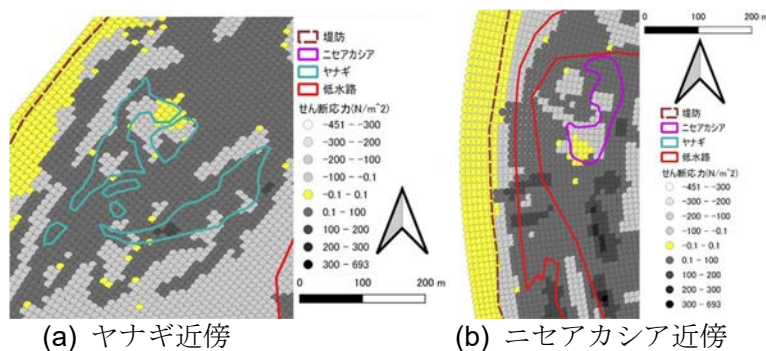
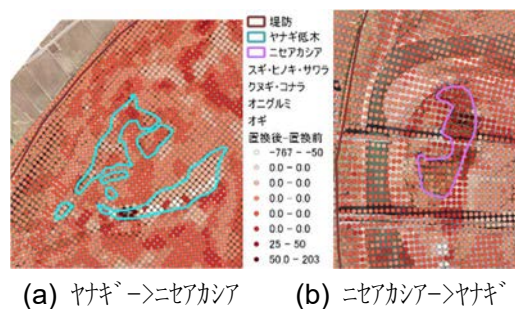


図-3 76k での詳細・簡易モデルによるせん断応力の差分分布



(a) ヤナギ→ニセアカシア (b) ニセアカシア→ヤナギ

図-4 植物種の違いによるせん断応力分布に対する感度分析(76k 地点)