

水位観測結果を用いた洪水流解析の河川分流部流れへの適用

九州工業大学 学 生 会 員 ○吉永 僚介 九州工業大学大学院 正 会 員 重枝 未玲
九州工業大学 フェロー会員 秋山 壽一郎 九州工業大学大学院 学生会員 勝原 亮介

1. はじめに

近年，記録的豪雨による水害が頻発している．平成30年7月の西日本豪雨では本川の水位上昇に伴う支川の流下能力の低下による氾濫・浸水被害が生じた．被害防止・軽減のためには，河道の洪水過程を把握・予測する上で分合流部の流れを適切に評価することが不可欠である．また，洪水時にリアルタイムに高精度に得られる情報は水位であり，観測水位データに基づき水位や流量の縦断変化を把握することができれば治水上有用な情報となる．本研究では，以上のような背景を踏まえ，分流水路を対象に水位観測結果を用いた洪水流解析を実施し，分派流量の推定とその再現精度を検討した．

2. 実験の概要

実験装置は図-1に示す長さ3.8m，幅0.6mの本川水路に長さ2.44m，幅0.2mの支川水路を設けたものである．本川と支川の水路床勾配はいずれも1/1,000に設定されており，本川および支川下流端に固定堰が設置されており，堰高によって水位が調整される．同水路の粗度係数は，等流実験に基づき $0.01\text{m}^{-1/3}\text{s}$ であることが確認されている．実験は，定常流(CaseS)で行い，表-1に示すように本川の水面形が堰上げ背水(CaseS-1)，低下背水(CaseS-2)となるような条件で実施した．本川上流端から一定流量 $0.0169\text{m}^3/\text{s}$ を供給し，定常状態とした後，水位 $H(\text{m})$ と流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ の計測を開始した．水位については，図-1に示すように0.2m間隔で本川14点，支川9点の測定点を設け，ビデオカメラで撮影した水面を画像解析することで算定した．流量については本川および支川下流端で回収した水の体積と時間を計測することで算定した．

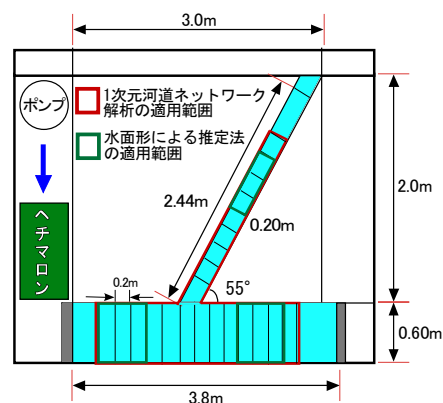


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

Case名	本川水面形	勾配		上流端流量 (m^3/s)
		本川	支川	
S-1	M1	1/1,000	1/1,000	0.01694
S-2	M2			

3. 洪水流解析の概要

本研究では，①水位を上下流端境界条件とした1次元河道ネットワーク解析と②水面形を与条件とした流量・粗度係数の推定法の2つを実施した．①の1次元河道ネットワーク解析には著者らの1次元河道ネットワークモデル¹⁾を用いた．同モデルは，図-2に示すように，1次元洪水流モデルと接続セルで構成され，1次元洪水流モデルで各河道の洪水流解析を実施し，接続セルで各洪水流モデルに接続条件を与え，河道網の洪水流解析を行うモデルである．②の水面形を与条件として流量と粗度係数を求める推定法には，図-3に示すように，水位より算定した流積の経時変化，初期流量，河床位，一区間の粗度係数を与条件として，流量 Q と粗度係数 n を推定する方法を用いた²⁾．粗度を与える区間は最上流区間とした．同推定法では分流点を取り扱うことはできないので，本川を分流部の上流，下流，支川に同推定法を適用し，各区間での流量を求めた．同推定法では，1次元河道ネットワーク解析のような分・合流点の取り扱いが組み込まれていないので，図-1に示すように分流部の上，下流，支川に分割し，それぞれ同推定法を適用した．

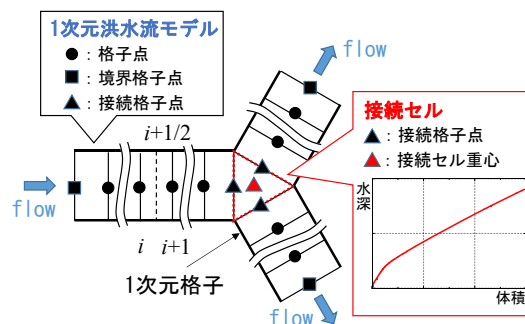


図-2 1次元河道ネットワークモデルの概要

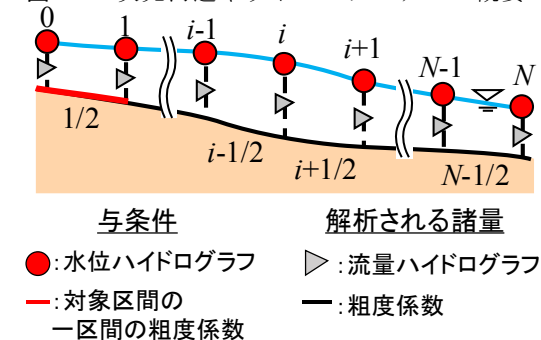


図-3 推定法の概要

4. 結果と考察

図-4は、CaseS-1について実験値より得られた逆算粗度係数と水面形を与条件とした推定法に基づく推定粗度係数の空間分布を比較したものである。これより、推定粗度係数は、いずれの区間においても逆算粗度係数を再現しており、等流実験値 $0.01\text{m}^{-1/3}\text{s}$ と概ね一致していることが確認できる。今回の実験では、測定間隔が短いこともあり、水深計測の結果が 0.1mm 程度異なると、逆算粗度係数が $0.005\text{m}^{-1/3}\text{s}$ 程度変化した。以下の1次元河道ネットワーク解析では、この推定粗度係数の平均値を粗度係数として与えた。なお、CaseS-1では支川上流で流れの剥離が生じていたが、CaseS-2では生じていなかった。

図-5はCaseS-1, S-2の水面形について、本川・支川の実験値と1次元河道ネットワーク解析の解析結果を比較したものである。図中には、等流水深と限界水深も併せて示している。これらより、(1)いずれの実験ケースにおいても十分な精度で再現できていること、(2)分流部付近の水面形に若干の誤差が生じていること、などが確認できる。

図-6はCaseS-1, S-2の流量について、本川・支川の実験値と1次元河道ネットワーク解析及び水面形を与条件とした推定法による解析結果とを比較したものである。これらより、(1)水面形を与条件とした推定法は、いずれのCaseについても十分な精度で流量を再現していること、一方で、(2)1次元河道ネットワーク解析は、流れの剥離によるエネルギー損失が考慮されていないために、推定法に比べ予測精度が低下すること、などが確認できる。水面形を与条件とした推定法は、本川・支川の水面形により分流部が流れに及ぼす影響が計算条件で反映されるため、1次元河道ネットワーク解析に比べ再現精度が高くなったと考えられる。一方で、1次元河道ネットワーク解析では、剥離域や逆流域のような大きな抵抗要素がある場合には実測値との差が生じるため、粗度係数の適切な評価方法について今後検討を行う必要がある。

5. おわりに

本研究から、水面形を与条件とした推定法は、流量と粗度係数を、水位を境界条件とした1次元洪水流解析は、水面形と流量を十分再現することが可能であり、これらの諸量の推定に有用なツールであると考えられる。ただし、水位を境界条件とした1次元洪水流解析の粗度係数の適切な評価方法については、今後、さらなる検討が必要である。

参考文献: 1) 重枝ら：平成29年7月九州北部豪雨時の筑後川右岸

流域を対象にした分布型流出・1次元河道網洪水流解析，河川技術論文集，第24巻，pp.445-450，2018.，2) 重枝ら：洪水痕跡によるピーク水位時の流量と粗度係数の推定，河川技術論文集，第23巻，pp.73-78，2017.

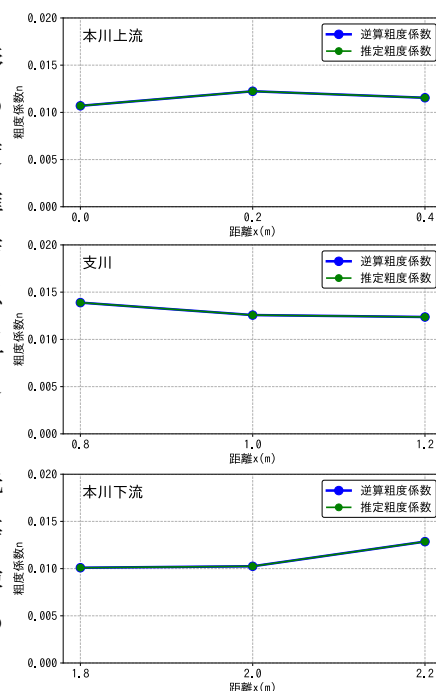


図-4 CaseS-1の粗度係数の空間分布

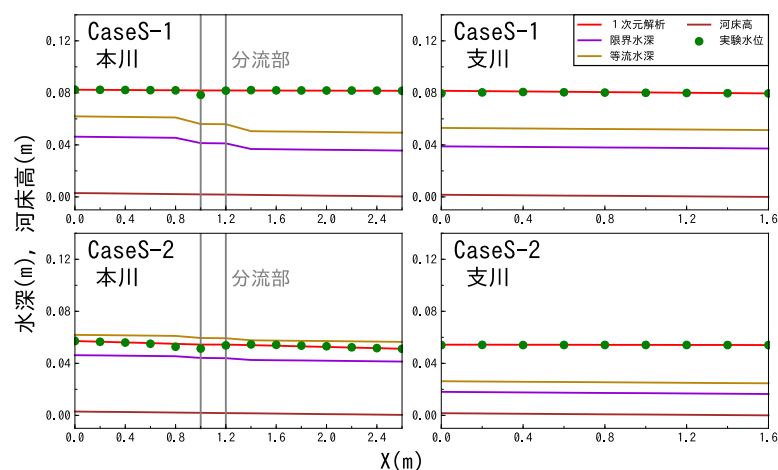


図-5 水面形の実験値と解析結果の比較

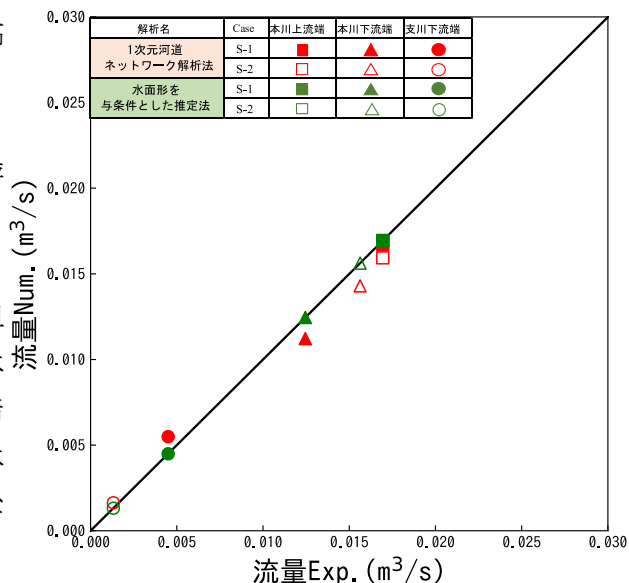


図-6 流量の実験値と解析結果の比較