

水位を境界条件とした1次元洪水流解析とパラメータ最適化 ～平成24年九州北部豪雨時の彦山川流域を対象として～

九州工業大学大学院 学生会員 ○勝原 亮介 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

1. はじめに

近年、洪水時の水位の把握を目的に危機管理型水位計が設置されるようになっており、水位の縦断変化が高精度でリアルタイムに得られるようになってきている。この水位データから洪水時の水位の縦断変化を把握することが可能となれば、これまでの点での水位から線での水位情報を得られることになり、危機管理上の有用な情報になると考えられる。本研究では、以上のような背景を踏まえ、平成24年九州北部豪雨時の彦山川流域を対象に、観測水位に基づく1次元洪水流解析とパラメータ最適化を実施し、水面形や観測所での水位・流量ハイドログラフの再現性を検討した。

2. 解析の概要

本研究で実施した1次元洪水流解析は、著者らの1次元河道ネットワークモデル¹⁾を用いており、水位ハイドログラフを上下流端境界条件に与えた解析である。同解析は、流量の情報を必要とせず、水位情報のみで解析が行うことが可能である。一方で、水位を境界条件とするため、流量の高精度な再現には河道内の抵抗を適切に評価することが必要となる。

解析対象流域は、一級河川遠賀川の一次支川である彦山川流域である。対象河川は同流域内の彦山川、金辺川、中元寺川とした。解析対象流域・河川の概要及び水位観測所を図-1に示す。解析対象時刻は、2012年7月14日0時から15日0時とした。河道横断面図はいずれの河川も平成23年の断面を用いた。解析区間には、17基の堰があり、いずれもエネルギー損失で簡易的に考慮した²⁾。なお、可動堰の操作が不明であったため、出水時は倒伏していると仮定して固定部の堰高のみを考慮した。

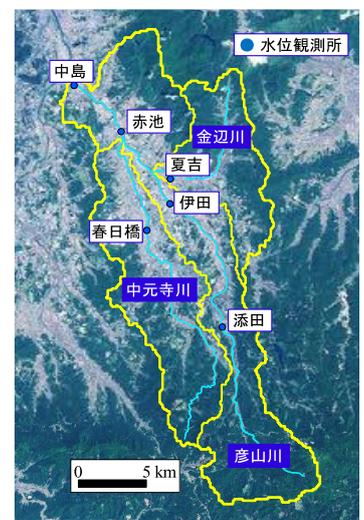


図-1 彦山川流域の概要 (背景: 国土地理院地図)

3. 観測水位に基づくパラメータの最適化

本解析のモデルパラメータは、粗度係数 n 、完全越流時の堰の抵抗係数 C_{D1} 、潜り越流時の堰の抵抗係数 C_{D2} である。Run1では添田・伊田観測所間、Run2では伊田・中島観測所間のパラメータの最適化を実施した。なお、粗度係数は低水路粗度係数のみを対象にし、彦山川では逆算粗度係数に、金辺川と中元寺川では計画粗度係数に補正係数 α を乗じ、補正係数 α を最適化した。補正係数 α は各河川及びセグメント毎に設定した。表-1に α と対応河川および区間を示す。

表-1 α と対応河川および区間

	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$	$\alpha 5$
Run1	彦山川 21.2~25km	彦山川 17~21.2km	彦山川 13.4~17km		
Run2	彦山川 11.6~13.4km	金辺川	彦山川 7.2~11.6km	中元寺川	彦山川 1.2~7.2km

表-2 パラメータの設定範囲

	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$	$\alpha 5$	C_{D1}	C_{D2}
Run1	0.9~1.3	0.8~1.2	0.8~1.2			0.5~1.0	0.01~0.1
Run2	0.8~1.4	0.6~1.2	0.8~1.4	0.8~1.4	0.8~1.4	0.5~1.0	0.01~0.1

表-3 最適パラメータ

	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$	$\alpha 5$	C_{D1}	C_{D2}
Run1	0.973	1.009	1.168			0.672	0.059
Run2	0.962	0.941	1.294	0.890	1.326	0.687	0.054

最適化には実験計画法、応答曲面法、粒子群最適化法を用いた。まず、実験計画法に基づきモデルパラメータと目的関数との関係を表す応答曲面モデルを作成する上で効率的な解析条件を設定し、次に、応答曲面法により応答曲面モデルを作成し、最後に、粒子群最適化法により目的関数を最小とするモデルパラメータの組み合わせを求めた。なお、目的関数には、Run1では解析最大水位と痕跡水位との差を、Run2では中島・赤池観測所間で水位と流量の関係がループを描くため、痕跡水位のみでは情報が不十分と考え、Run1の解析最大水位と痕跡水位との差に加え、赤池観測所での実測水位と解析水位との差の総和を用いた。

パラメータの範囲を表-2とし、実験計画法から、Run1では36通り、Run2では56通りの解析条件を設定し

た. この条件下で応答曲面法及び粒子群最適化法より求めた最適パラメータを表-3に示す. これより, 粗度係数の補正係数 α は, Run2- α 3, Run2- α 5で1よりも大きい, 他の α は1割程度の差はあるものの概ね1.0であることが確認できる. Run2- α 3, Run2- α 5の区間は彦山川下流であることから, 補正係数 α は樹木や砂州等の抵抗要素の影響を受けたため1を超えたと考えられる. なお, 堰の抵抗係数は, いずれも実験結果²⁾と同程度であった.

4. 最適パラメータを用いた1次元洪水解析

最後に, 表-3の最適パラメータ値を用いて, 添田・夏吉・春日橋観測所を上流端, 中島観測所を下流端水位境界条件とした解析を実施した. なお, 小川からの流入流量については前報³⁾の流出解析結果を内部境界条件として与えた.

図-2に彦山川における解析最大水位と痕跡水位の比較を示す. これより, (1)痕跡水位を概ね再現していること, (2)距離標10.8~12kmの区間において水位を過少評価していること, などが確認できる. 距離標10.8~12kmの区間については11.6km地点の可動堰の稼働状況を適切に再現できていないためと考えられる.

図-3に上流端の添田, 春日橋, 夏吉観測所, 下流端の中島観測所における流量の解析結果と実測値との比較を, 図-4に赤池, 伊田観測所における流量と水位の解析結果と実測値との比較を示す. これらより, (1)上流端の観測所において流量を十分な精度で再現されているものの, (2)上流端に比べ, 下流端の中島観測所では実測値との差が大きいこと, (3)赤池観測所では減水時の流量を過小評価していること, (4)伊田観測所では減水時の水位と流量を過大評価していること, などが確認できる. 中島・赤池観測所では流量が再現されていないこと踏まえると, 伊田・赤池間で流入する流量を過小評価したことが, 伊田観測所では可動堰周辺の痕跡水位が再現されていないことを踏まえると, 可動堰を固定部のみとした取り扱いが実測値との差の要因と考えられる. このように, 本解析法は, 若干の課題は残るものの, 水位・流量ハイドログラフ, 痕跡水位を十分に再現できることが確認された.

5. おわりに

本研究から, 推定パラメータを用いた洪水解析は水位・流量ハイドログラフ, 痕跡水位を十分に再現でき, 本解析法は粗度係数等の河道内の抵抗評価に有用であることが確認された. 今後は, 可動堰の取り扱いや河道内に流入する流量の最適化を検討する必要があると考えている.

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次元河道網洪水解析, 河川技術論文集, 第24巻, pp.445-450, 2018. , 2) 重枝ら: 水位ハイドログラフを境界条件とした平面2次元洪水解析, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, pp.I_1453-I_1458, 2018. , 3) 重枝ら: 1次元河道ネットワークモデルを用いた分布型流出・洪水解析と彦山川流域への適用, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, I_1495-I_1500, 2018.

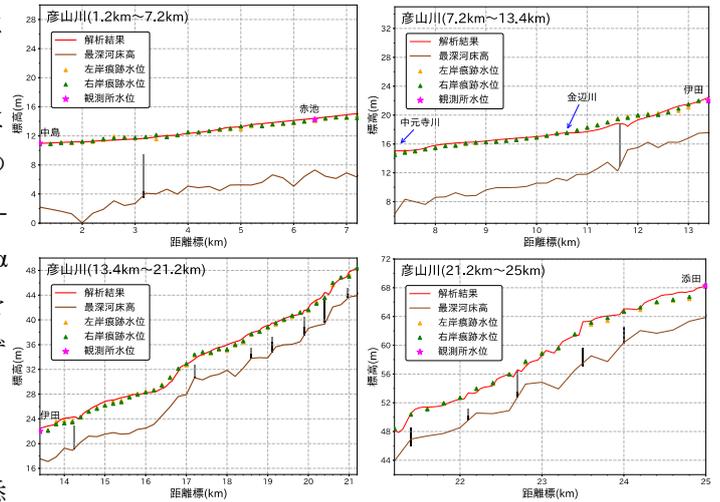


図-2 彦山川における解析最大水位と痕跡水位の比較

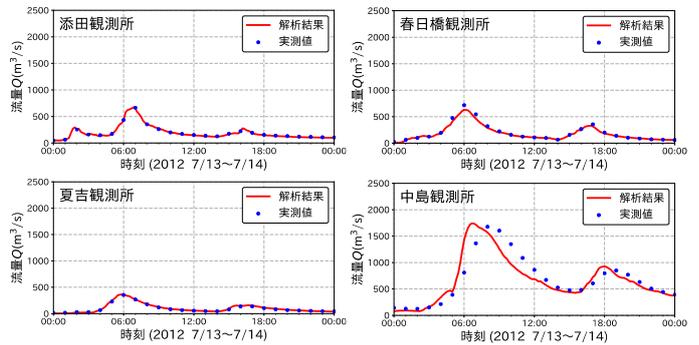


図-3 流量の解析結果と実測値との比較

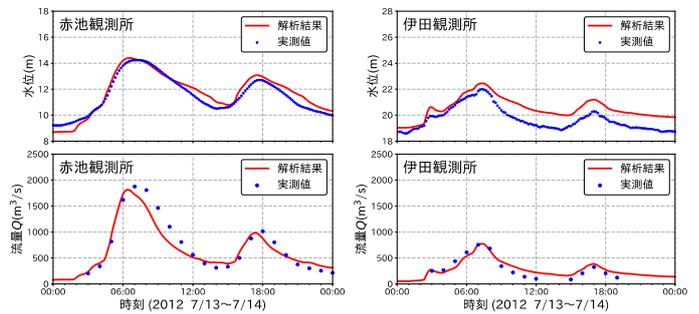


図-4 流量と水位の解析結果と実測値との比較