

遠賀川流域を対象にした分布型流出・平面2次元洪水追跡と河道改修効果の検討

九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎 九州工業大学大学院 正会員 重枝未玲
九州工業大学工学部 学生会員 ○野村心平 九州工業大学大学院 学生会員 草野浩之

1. はじめに

近年、「できるだけダムにたよらない治水対策」への転換など、河道に負担をかけない対策が検討されており、今後、「流域と一体となった治水対策」はますます重要になると考えられる。その検討には、任意の降雨を外力として、流域の特性や治水施設によって変化する流出プロセスやその結果によって生じる洪水プロセスを的確に評価できるモデルが不可欠である。本研究は、以上のような背景を踏まえ、遠賀川流域を対象に高解像度風上解法を用いた「分布型流出・平面2次元洪水追跡モデル」の予測精度を検証するとともに、河道改修による水位低減効果について検討したものである。

2. 分布型流出・平面2次元洪水追跡モデルの概要

「分布型流出・平面2次元洪水追跡モデル」は、①流域の雨水の挙動を予測する「セル分布型流出解析モデル」と②洪水追跡を行う「平面2次元自由表面流モデル」とで構成される。セル分布型流出解析モデルは、斜面流と平面2次元洪水追跡で対象とする河道を除いた河道流の洪水追跡をkinematic wave法で行うモデルであり、空間積分に高解像度風上解法の一つであるMUSCL法を用いることで空間精度を2次精度に改良した。平面2次元自由表面流モデルは、複数の領域に分割した河川の並列計算が可能なPSA-FUF-2DFモデルであり、摩擦勾配の取り扱いを半陰解法に改良した。

3. 解析の概要

解析対象流域は図-1に示す遠賀川流域である。遠賀川は幹川流路延長61km、流域面積1,026km²の一級河川であり、流域の土地利用については、森林が約52%、水田や果樹園等の農地が約19%、宅地等市街地が約18%、荒地が約6%を占める。図-1に遠賀川流域の航空写真と雨量・水位観測所を示す。遠賀川流域では、2003年九州豪雨災害後、流下能力の向上を目的に河道改修が行われており、図-1の日の出橋、川島、秋松橋水位観測所付近で河道掘削が行われている。図-2に改修断面の一例を示す。

2003年(パターン①)、2009年(パターン②)、2010年(パターン③)の3つの降雨パターンを用いて解析を行った。図-3は解析に用いた降雨ハイトグラフの一例と総降雨量分布を示したものである。いずれも中流域を中心とした降雨分布であることが特徴である。

流出解析のモデルパラメータについては、表-1に示すように土地利用に応じて値を決定した。各パラメータ値はパターン②の降雨に対して感度解析を行い、実測水位を良好に再現できる値とした。分布型流出解析の開始時刻は、それぞれパターン①では2003年7月18日2時、パターン②では2009年7月24日1時、パターン③では2010年7月12日1時とした。平面2次元洪水追跡では、図-1に示す7河川を対象とした。河道横断面図はパターン①では2003年のものを、パターン②と③では2009、2010年のものを用いた。総メッシュ数は18,163~20,392個であった。平面2次元洪水追跡のパラメータについては、粗度係数には計画で用いられた値0.035(m^{-1/3}s)を、下流端には河口堰でほぼ一定に保たれている水位を与えた。平面2次元洪水追跡の解析開始時刻は、それぞれパターン①では2003年7月18日12時、パターン②

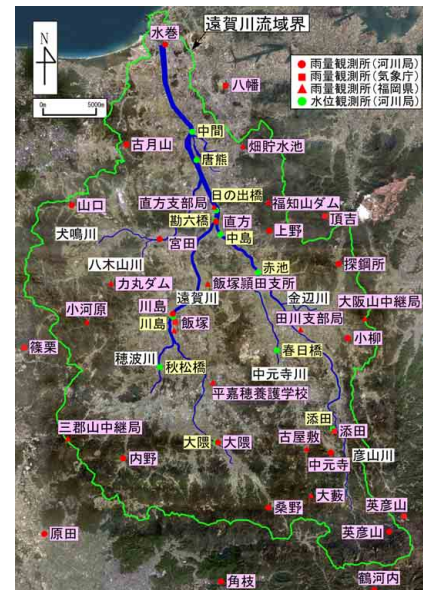


図-1 遠賀川流域の概要

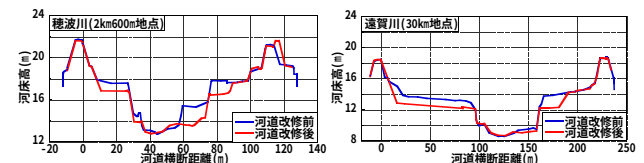


図-2 改修断面の一例(左:穂波川,右:遠賀川)

表-1 分布型流出解析のモデルパラメータ

	$N(m^3/s)$	$d_s(m)$	$d_b(m)$	$k_s(m/s)$	β
森林	0.6	0.04	0.02	0.015	4.0
荒地	0.3				
田	2.0				
農地	0.3				
都市	0.1				
水域	0.0				

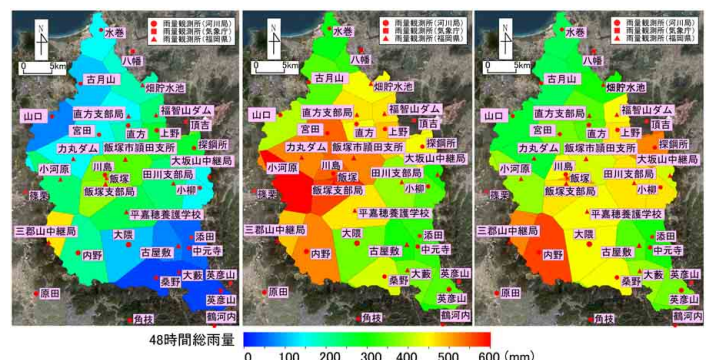


図-3 降雨ハイトグラフの一例と総雨量分布

では2009年7月24日12時、パターン③では2010年7月13日1時とした。なお、流出解析および平面2次元洪水追跡の解析データの作成方法の詳細は、参考文献^{1),2)}に示す通りである。

4. 結果と考察

(1) 計算スキームによる流出特性の違い

セル分布型流出解析モデルについて1次精度と2次精度のモデルの比較を行った。

図-4は、仮想的な領域に後方集中型の降雨を降らせ河道部末端での流量の比較を行ったものである。これより、当然のことながら、2次精度モデルは、1次精度に比べピーク値の減衰を抑えた予測が可能であることがわかる。

(2) 予測精度の検証

図-5はパターン①~③について、図-1の

遠賀川の日の出橋、川島観測所、穂波川の秋松橋観測所、彦山川の中島観測所の水位ハイドログラフの解析結果と実測値との比較を示したものである。これらより、本モデルは、(1) いずれの観測所についても、若干のずれがあるものの、水位ハイドログ

ラフの波形やピーク値などを再現できること、(2) 特に、2009、2010年では2山の波形を持つ複雑な水位ハイドログラフとなるが、これらも再現していること、などが確認できる。解析と実測値との間に差異が生じた理由としては、流出解析のパラメータを土地利用で一律に与えており地域の地質特性等を踏まえていないこと、また、洪水追跡では粗度係数値を一定として与えており、河道内の樹木等などの影響を考慮していないこと、平面2次元洪水追跡以外の支川についてはkinematic wave法により河道内の洪水追跡を行っていること、などが考えられる。

(3) 河道改修による水位低減効果の検討

図-6は、日の出橋観測所、川島水位観測所、秋松橋水位観測所について、改修前の2003年度の水位流量曲線、水位と流量の解析結果および改修後の水位流量曲線との比較を行ったものである。改修後の水位流量曲線は、改修後の断面を用い、パターン①~③の降雨を外力とした得られた水位と流量の解析結果から求めた。これより、(1) 2003年度の水位と流量の解析結果は、水位流量曲線付近でループを描いていること、(2) 改修前後の水位流量曲線を比較すると、日の出橋水位観測所では大きな違いはないが、各水位観測所では同じ流量に対して低い水位で洪水を流下可能であること、(3) 2003年の九州豪雨相当の流量に対して、川島水位観測所では0.4m程度、秋松橋水位観測所ではその効果が大きく1.5m程度の水位が低下すること、などが確認できる。2009年の豪雨では、2003年を上回る規模の豪雨であったにも関わらず、穂波川の秋松橋で1.7m程度の水位低減効果があったことが報告されている。このように、本モデルは河道改修効果による水位と流量との関係の変化を的確に捉えていることがわかる。

5. おわりに

本研究から、(1)本分布型流出解析モデルは数値拡散によるピーク流量の低減を抑えることが可能であること、(2)「分布型流出・平面2次元洪水追跡モデル」は①本川および支川の水位ハイドログラフの実測結果、水位流量曲線を十分な精度で再現できること、②河道掘削などの河道改修により秋松橋では2003年と同程度の流量で1.5mの水位低下が見込まれるなどの改修効果を的確に捉えること、などが確認された。今後は、水位の結果に基づく流出解析の最適パラメータの設定方法を検討し、地物や土壌の湿潤状況と最適パラメータとを関連付けることで、土地利用や地質等からパラメータを設定できる手法を検討したいと考えている。

参考文献：1) 重枝ら：遠賀川流域の分布型流出解析と平面2次元洪水追跡，水工学論文集，第54巻，pp.517-522，2010。2) 重枝ら：遠賀川流域の分布型流出解析と複数の支川を考慮した平面2次元洪水追跡，河川技術論文集，第16巻，pp.443-448，2010。

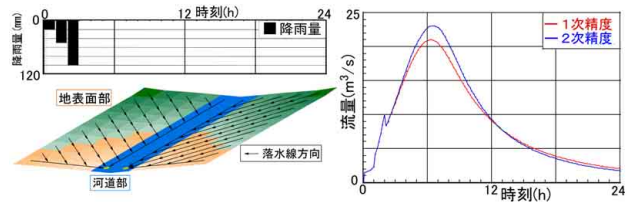


図-4 1次精度と2次精度のモデルの比較

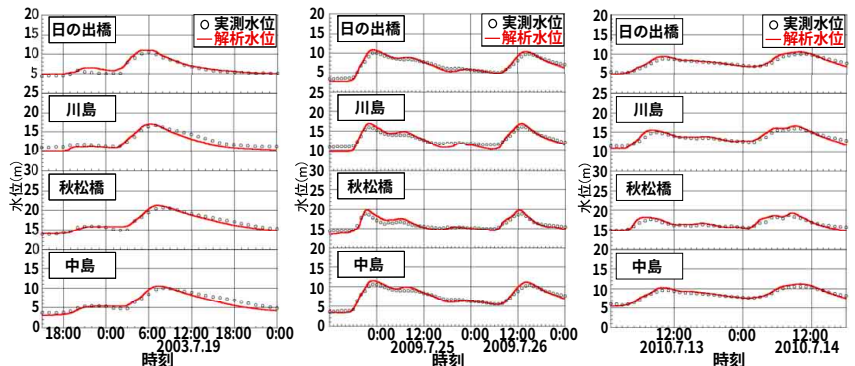


図-5 水位ハイドログラフの比較 (左：2003年，中：2009年，右：2010年)

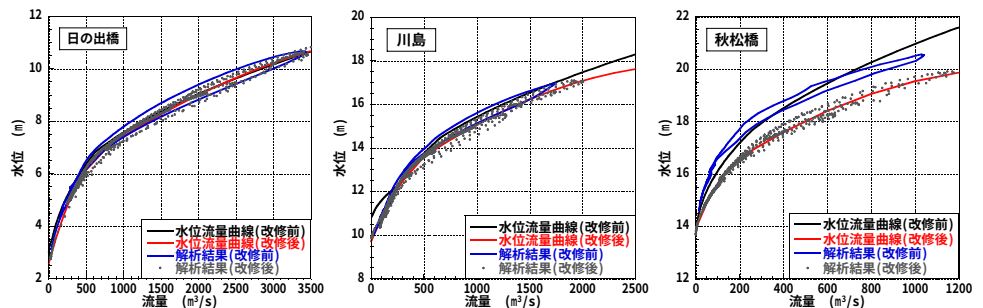


図-6 水位流量曲線