

流域・河道特性を考慮した分布型流出・平面2次元洪水流解析モデルの遠賀川流域への適用

1. はじめに

近年、我が国では毎年のように豪雨による水害が生じている。今後の河道管理には、想定以上あるいは想定外の降雨外力に対する水災危機管理対策が重要であり、そのためには豪雨によって生じる流域からの雨水の流出、それに伴う洪水流の挙動を適切に予測し、河道で起こりうる現象をあらかじめ把握することが不可欠である。本研究では、以上のような背景を踏まえ、流域特性を踏まえた上で、降雨外力から洪水流の予測を行う「分布型流出・平面2次元洪水流解析モデル」を遠賀川流域に適用し、同モデルの検証を行なった。

2. 分布型流出・平面2次元洪水流解析モデルの概要

分布型流出・平面2次元洪水流解析モデルは(a)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(b)洪水追跡を行なうSA-FUF-2DFモデルとで構成される。セル分布型流出解析モデルでは、隣接する8つの標高から最急勾配方向を決定し、その方向に沿って斜面流と河道流の追跡をkinematic wave法により行なう。SA-FUF-2DFモデルは、河道内樹木群や分流部などを含む複雑な河川での洪水流を予測可能である。これらは流出解析で流量を求めた位置と河道とを対応付け、河道の境界条件あるいは低水路内の内部境界条件として与えることでの接続した。

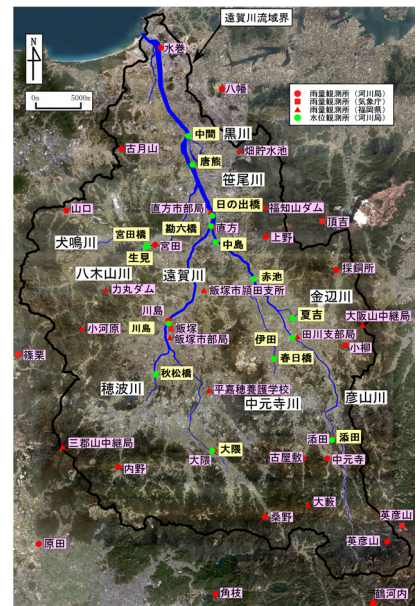


図-1 遠賀川流域の概要

3. 解析データの作成

図-1に本研究で対象とする遠賀川流域の概要を示す。解析データの作成には標高、土地利用、雨量、河道の平面形状・河床高のデータが必要となる。これらのデータをGIS上で整理した。標高データには国土院発行の数値地図250mメッシュ(標高)を、土地利用データには国土数値情報L03-09M (H9年) を、降雨量には図-1に示す雨量観測所の実績データを、河床高にはH14年の測量結果を用いた。

セル分布型流出解析データの作成は、数値地図250mメッシュ(標高)のメッシュをセルとし、次のように行った。まず、航空写真から河道の位置をセルと対応付け、その標高を平均河床高に修正した。次に、窪地を隣接する8セルの最も低い標高に置き換える処理を行い、標高データを修正した。この標高データを用いて流水解析を行い、落水線方向と擬似河道を決定した。各セルの土地利用形態は、100mメッシュ土地利用データを森林、荒地、田、農地、都市、水域に再分類し、セル内の最大面積の土地利用に決定した。なお、擬似河道については水域に分類した。また、各セルの雨量はティーセン分割領域内の雨量観測所の実績データを与えた。

平面2次元洪水追跡の解析対象区間は図-1に示す国土交通省管理の9河川を対象とした。平面2次元洪水追跡データの作成には河道の堤防や低水路線形、河床高、粗度係数のデータが必要となる。堤防と低水路線形については、各距離標の河道横断面図から堤防、高水敷、低水路の座標を世界測地系で整理し、それぞれに対応する点を距離標間で接続することで作成した。河床高については、河道横断面

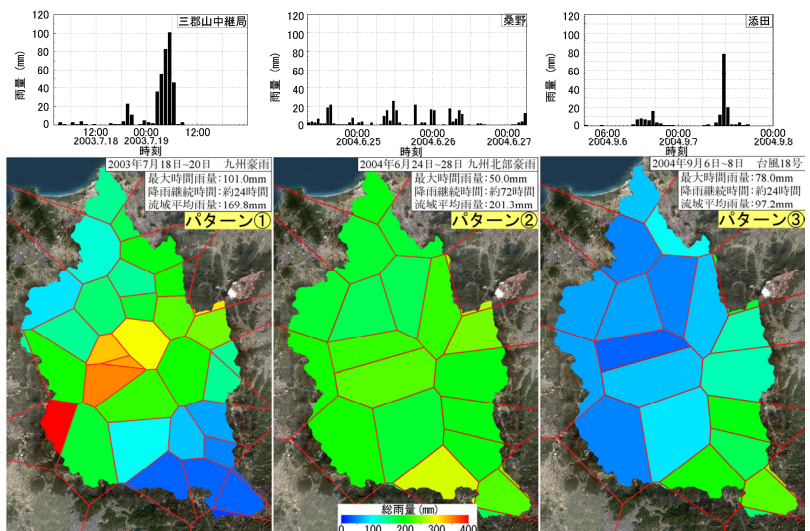


図-2 考慮した降雨パターンと降雨ハイエトグラフ・総雨量分布

図から平面座標に対応する値とし、平面座標と河床高とで三角ポリゴンを作成して、任意の位置での河床高とした。粗度係数については $0.035(\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s})$ を与えた。計算格子には三角形の非構造格子を用いた。

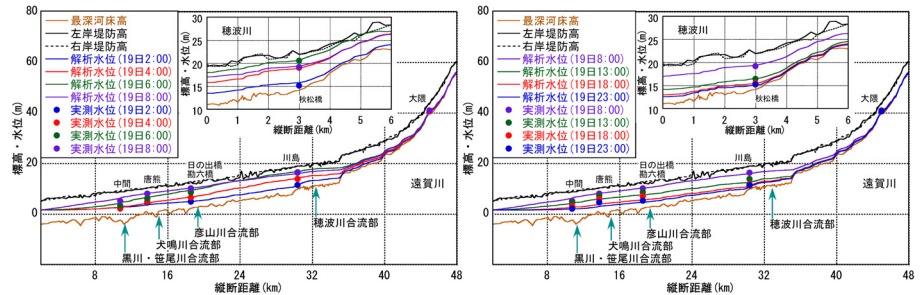


図-3 パターン①における水面形の経時変化の比較(左:増水時, 右:減水時)

4. モデルの検証

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図-2に示す。パターン①は中流域を、パターン②は流域全体を、パターン③は上流域を中心とした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は、土地利用に応じて値を決定した。等価粗度係数については標準値¹⁾の平均値を用いた。土層の飽和・不飽和状態は、その影響が大きいと考えられる森林のみ考慮し、土層厚の浸透係数 k_a については従来の研究²⁾を参考とした値を、浸透係数比 β については2~6程度の値をとることを踏まえてその平均値を、土層厚 d_c と d_s については、森林が流域の土地利用の75%を占める大隈観測所の実測結果を概ね再現できるような値を試算し、 d_c は0.04~0.1(m)、 d_s は0.08~0.2(m)の範囲で決定した。平面2次元洪水追跡での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。

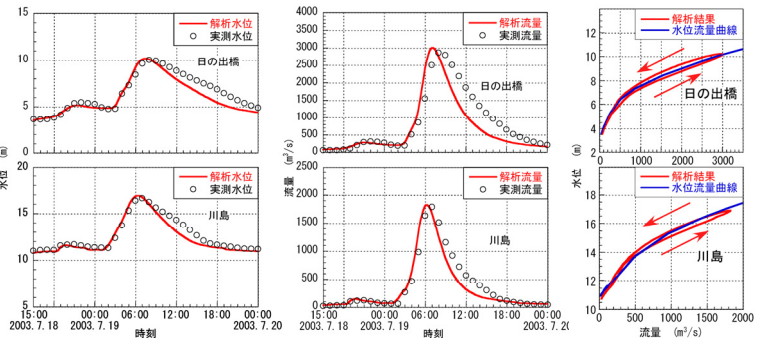


図-4 パターン①におけるハイドログラフおよび水位流量曲線の比較(左:水位ハイドログラフ, 中:流量ハイドログラフ, 右:水位流量曲線)

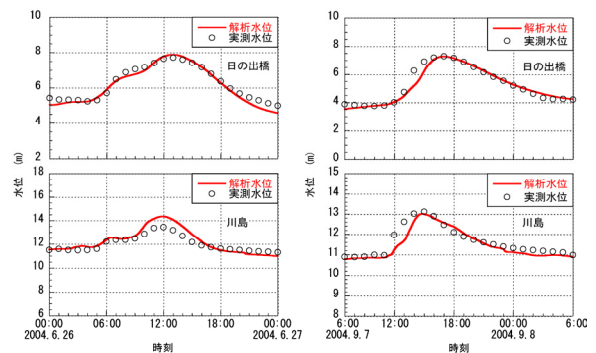


図-5 水位ハイドログラフの比較(左:パターン②, 右:パターン③)

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では2004年6月25日8時、パターン③では2004年9月7日6時とした。図-3にパターン①の水面形状の経時変化の実測値との比較を、図-4にパターン①の水位・流量ハイドログラフの実測値および水位流量曲線との比較を示す。これらより、本モデルは、(1) 水面形が下流端などの一部を除き、増水時、減水時ともに概ね相似形を保ち増減すること、(2) 増水時に穂波川で水位が急上昇し、それとほぼ同時に遠賀川と穂波川の合流部で急激に水位が増加すること、(3) 減水期には若干のずれがあるものの、水位ハイドログラフ、流量ハイドログラフともに波形やピーク値などを再現できること、(4) 上流側の川島では日の出橋に比べ、ループの程度は小さく概ね水位流量曲線に沿っていること、などが確認できる。日の出橋、川島水位観測所は合流部直後の観測所であることから、河道の貯留効果が生じこのような結果になったと考えられる。また、水位流量曲線が観測結果から最小二乗法に基づき求められることを考えると、本解析結果は妥当な結果であると考えられる。このように、本モデルはそのような現象を的確に捉えていることが確認できる。

図-5に、パターン②、③における水位ハイドログラフの実測値との比較を示す。なお、流量ハイドログラフについても同程度の精度を有していた。これらより、本モデルは水位ハイドログラフの波形やピーク値などの実測値を十分な精度で再現しており、降雨分布が異なる場合にも十分な精度で洪水流の挙動を予測できることがわかる。

5. 穂波川の越水危険個所の検討

最後に本モデルを用いて、2003年7月19日の九州豪雨災害で計画高水位を超えるなど危険な状況となった穂波川

の越水危険箇所の検討を行った。検討では近年の集中豪雨を想定し、堤防からの越水が生じる箇所と豪雨継続時間との関係を求めることを目的として、降雨強度を50mm/h, 75mm/h, および100mm/hの一定とした降雨ハイエトグラフを用いた。降雨は対象領域に一样に与えた。なお、遠賀川では2日間最大雨量405mmで計画降雨が設定されており、その計画規模は1/150である。降雨強度50mm/hでは8時間強で、降雨強度75mm/hでは6時間弱で、降雨強度100mm/hでは4時間強で計画降雨を超えることとなる。それぞれの降雨に対する越水箇所と越水開始時刻を図-6に、越水が開始した時の穂波川の秋松橋観測所での水位および水位上昇速度 dh/dt を図-7に示す。これらより、(1)降雨強度を変化させても越水が発生する箇所には大きな変化はないこと、(2)越流が開始する時刻は、降雨強度100mm/h, 75mm/h, 50mm/hの順で早くなり、どの降雨についても図-6で示した右岸Aを中心に越水が開始すること、(3)越水開始時刻は、降雨強度50mm/h, 75mm/h, 100mm/hでそれぞれ、降雨開始から約4時間後、2時間30分後、2時間後であること、(4)その時の秋松橋水位観測所の水位は約20.8m~21.0mで、計画高水位を0.6~0.8m程度上回った水位であること、(5)その時の水位上昇速度は、降雨強度50mm/h, 75mm/h, 100mm/hでそれぞれ0.93m/h, 3.06m/h, 3.55m/hであり、短時間で急激な水位の上昇が生じること、などが確認できる。また、2003年7月九州豪雨災害時にも秋松橋観測所での水位は計画高水位を0.4m程度超えており、この時、越水による外水氾濫が生じている。この値に比べて、解析結果値は若干高い程度ではあるが、妥当な値であると考えられる。以上を踏まえると、穂波川では水災に対して脆弱な箇所は、図-6中の赤あるいは緑のラインで示す箇所であり、秋松橋観測所での水位が20.8mを超えた場合に図-6中の右岸Aを中心に越水が開始する可能性が高いことがわかった。

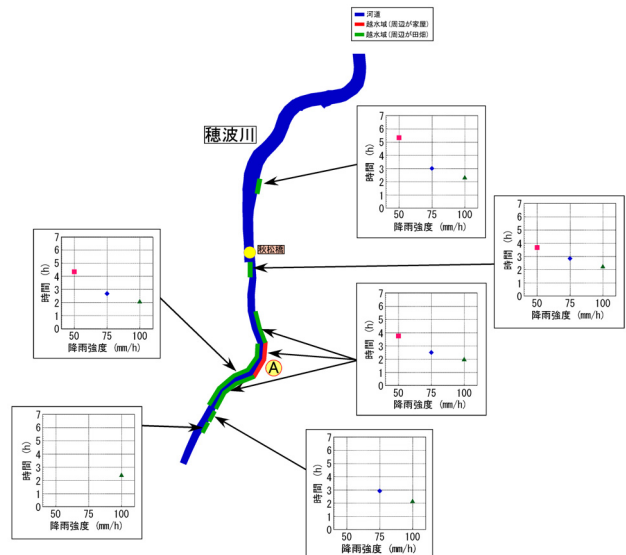


図-6 穂波川の越水開始時刻の比較と越水危険箇所

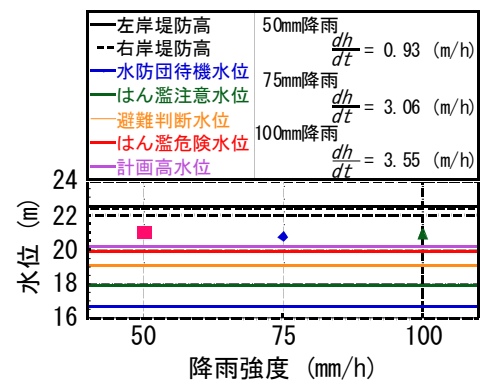


図-7 秋松橋観測所における水位および水位上昇速度

6. おわりに

本研究から、分布型流出・平面2次元洪水流解析モデルは、流域の状況(地盤の湿潤状況、降雨分布)に限らず、流出解析のパラメータを適切に設定することで、流域・河道特性を考慮した上で洪水流の挙動を十分な精度で予測できる性能を有していることが確認された。なお、パラメータの最適設定法については今後検討が必要である。

参考文献：1) 土木学会：水理公式集，昭和60年度版，pp.163, 1985. 2)佐山敬洋，立川康人，寶馨，市川温：広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価，土木学会論文集，No.803/II-73, pp.13-27, 2005.