

分布型流出・平面2次元洪水追跡モデルの構築と遠賀川流域への適用

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 重枝末玲
九州工業大学工学部 学生会員 ○草野浩之 九州工業大学大学院 学生会員 小園裕司

1. はじめに

近年、我が国では記録的豪雨による水害が頻発している。今後の河道管理には、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、流域特性を踏まえた上で、降雨外力から河道の水位および流量ハイドログラフなどの洪水流の予測が可能な「セル分布型流出モデルと平面2次元洪水追跡モデル」を構築し、同モデルを用いて2003年7月19日の九州豪雨災害でのモデルの検証と、同災害で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。

2. 分布型流出モデルと平面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SA-FUF-2DFモデル¹⁾で構成される。

セル分布型流出モデルでは、隣接する8つの標高から最急勾配方向を求め、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とが明らかとなっている^{1),2),3)}。セル分布型流出モデルと平面2次元洪水追跡モデルとの接続については、流出解析より得られた流量とその位置を河道と対応付け、河道の境界条件あるいは河道低水路の内部境界条件として与えることで行った。

3. 解析データの整理と作成

(1) 分布型流出解析

分布型流出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。標高データには国土地理院発行の数値地図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、降雨量には雨量観測所の実測データ、河床高にはH14年の測量結果を用いた。

解析データは、数値地図250mメッシュ(標高)のメッシュをセルとして用い、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、標高データに窪地がある場合、隣接する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。この標高データに基づき、流水解析を行い隣接8セルの中で勾配が最大となる落水線方向と、落水線が集中する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。セルと平面2次元洪水追跡を行う河道との対応付けは、航空写真を用いて行った。各セルの雨量はティーン分割領域内の雨量観測所の実績データを与えた。

(2) 平面2次元洪水追跡

解析対象区間は図-1に示す本川の遠賀川と支川の穂波川を対象とした。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、計画で用いられた平均値0.035を与えた。計算格子には三角形の非構造格子を用いた。

4. モデルの検証

解析開始時刻は2003年 7月18日PM0時とした。流出解析のパラメータには土地利用に応じて表-1に示す値を用

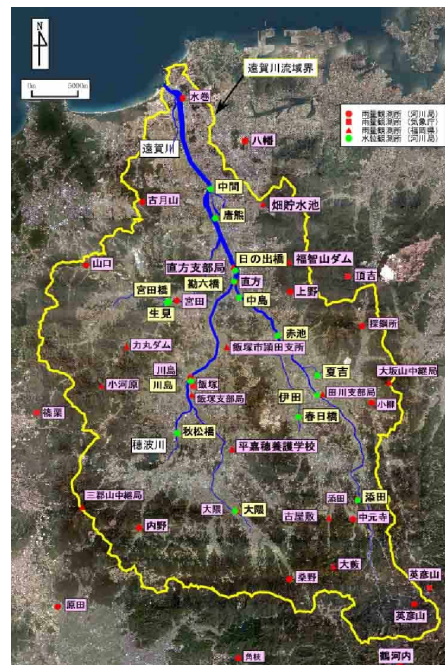


表-1 分布型流出解析に用いたモデルパラメータ

	$N(m^{-1/3}s)$	$d_s(m)$	$d_c(m)$	$k_a(m/s)$	β
森林	0.6	0.00	0.00	0.015	4.0
荒地	0.3				
田	2				
農地	0.3				
市街地	0.05				
水域	0.035				

いた。また、表-1に示す k_a については従来の研究を参考とした値を、 β については2~6程度の値を取ることを踏まえその平均値を、 d_c 、 d_s については、遠賀川上流の観測所で森林が流域の土地利用の75%を占める大隈水位観測所の流量を再現できる値とした。

本川・支川上流端、支川下流端には分布型流出解析から得られた流量を、本川下流端には河口堰でほぼ一定にコントロールされる水位を与えた。なお、境界条件以外の河道への流入流量は、河道低水路内の内部境界条件として単位面積当たりの流量として与えた。

図-2, 3はそれぞれ水面形の経時変化と図-1の日の出橋と川島の観測所での流量ハイドログラフと水位ハイドログラフについて、観測結果と解析結果との比較を行ったものである。これらより、(1)水面形状の経時変化は増水時には下流端から日の出橋付近まで、減水時には下流端から中間までは水面勾配に違いがあるが、その他の区間や穂波川については概ね相似形を保ち水位が増減する様子、(2)増水時に穂波川の秋松橋と川島水位観測所で水位が急激に上昇する様子、(3)若干のずれはあるもののピーク値や水位ハイドログラフなどの実測結果を十分な精度で再現している様子、などがわかる。

5. 穂波川の越水危険箇所の検討

最後に、同モデルを用いて、2003年7月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を検討した。検討には近年の集中豪雨を想定し、降雨強度を50mm/h, 75mm/h, 100mm/hの一定とした降雨ハイドログラフを用い、堤防からの越水が生じる箇所と降雨開始から越水開始までの時間を求めた。

図-4は越水箇所と越水開始時間、越水が開始した時の秋松橋観測所での水位および水位上昇速度 dh/dt を示したものである。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がなく、どの降雨についても図-4中の右岸Aで越水が開始すること、(2)越流が開始する時刻は、降強度100mm/h, 75mm/h, 50mm/hの順で早くなり、それぞれ、降雨開始から約2時間後、2時間30分後、4時間後であること、(3)その時の秋松橋水位観測所の水位は約20.8~21.0mで計画高水位を0.6~0.8m程度上回った水位であること、などがわかる。以上をふまえると、穂波川では水災に対して脆弱な箇所は、図-4中の赤あるいは緑のラインで示す箇所であり、秋松橋の水位が20.8mを超えた場合に図-4の右岸Aから、越水が開始する可能性が高いことがわかった。

6. おわりに

本研究では、流域特性を踏まえた上で、降雨外力から河道の水位および流量ハイドログラフなどの洪水流の予測が可能な「分布型流出解析・平面2次元解析モデル」を構築し、豪雨災害時の遠賀川流域に適用し同モデルの検証を行うとともに、任意の降雨外力に対して穂波川について越水危険箇所の検討を行った。その結果、同モデルが高い精度で河道流を再現可能であるとともに、任意の降雨外力から洪水プロセスを予測できることが確認された。今後は、複数の出水に適用し検証を行う予定であり、また、流出解析の最適なパラメータ設定方法等についても検討したいと考えている。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金基盤研究B(課題番号：21360237、研究代表者：秋山壽一郎)、の助成を受け実施した。本研究を実施するに当たり、遠賀川河川事務所の関係各位には現地調査の実施やデータの提供など多大な協力を得た。ここに感謝の意を表します。

参考文献：1) 重枝ら、水工学論文集、第51巻、pp.781-786、2007. 2) 秋山壽一郎、重枝末玲、土木学会論文集B、Vol.63、No.3、pp.224-237、2007. 3) 重枝ら、河川技術論文集、第12巻、pp.85-90、2006。

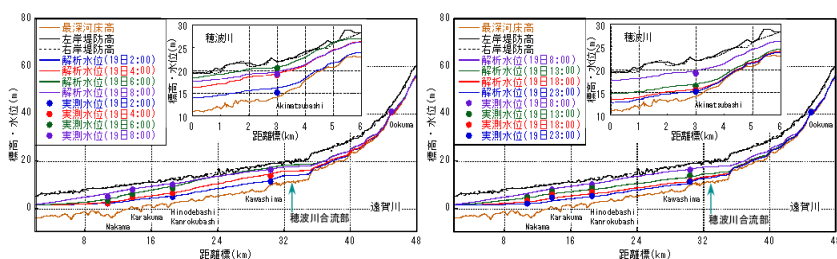


図-2 水面形の経時変化の比較(左:増水時 右:減水時)

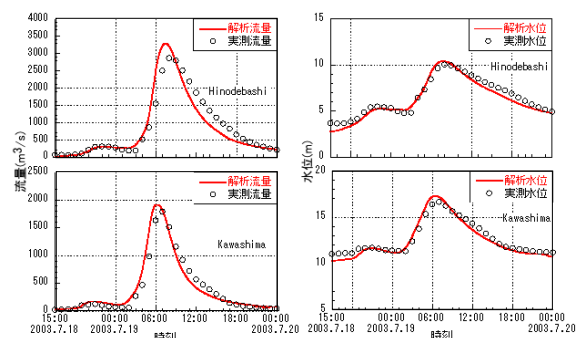


図-3 ハイドログラフの比較

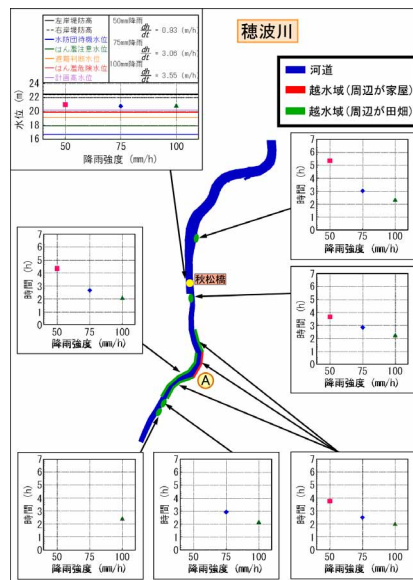


図-4 越水危険箇所の検討