

# H29 年 7 月九州北部豪雨の上・下流端の痕跡水位を境界条件とした花月川の洪水流解析

九州工業大学工学部 学生会員 ○中島晴紀 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 大久保剛貴

## 1. はじめに

近年、局地的な豪雨による河川の氾濫、土砂崩落などの水災害が頻発している。平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の花月川では、花月観測所で既往最高水位を更新するとともに、堤防決壊は免れたものの、内水または外水による家屋浸水被害が発生した<sup>1)</sup>。本研究は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の花月川を対象に、洪水痕跡水位を上・下流端境界条件とした平面 2 次元洪水流解析を実施し、ピーク水位時の流量について検討したものである。

## 2. 水位を境界条件とした平面 2 次元洪水流解析法の概要

本解析法<sup>2)</sup>は、一般の洪水流解析とは異なり、上流端境界条件に流量を与えるのではなく、水位ハイドログラフを上・下流端境界条件に与え、水位・流量を求める解析法である。

本解析に用いる数値モデルは、SA-FUF-2DF モデル<sup>2)</sup>である。同モデルの基礎方程式は、式(1)に示す 2 次元浅水流方程式であり、堰や橋などの河川構造物を簡易的に取り扱えるようにエネルギー

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} + S_1 + S_2 + S_3 = 0 \quad (1)$$

$$U = (h, uh, vh)^T; E = (uh, u^2h + 1/2gh^2, uvh)^T; F = (vh, uvh, v^2h + 1/2gh^2)^T;$$

$$S_1 = (0, -gh(S_{ox} + S_{Lx}) + F_x, -gh(S_{oy} + S_{Ly}) + F_y)^T; S_2 = (0, ghS_{fx}, ghS_{fy})^T; S_3 = (q_r, 0, 0)^T$$

$U$ : 保存量ベクトル,  $E, F$ :  $x, y$  方向の流束ベクトル,  $S_1$ : 河床・エネルギー損失勾配・消滅項ベクトル,  $S_2$ : 摩擦勾配ベクトル,  $S_3$ : 発生項ベクトル,  $h$ : 水深,  $u, v$ :  $x, y$  方向の流速,  $g$ : 重力加速度,  $q_r$ : 単位面積当りの流入流量(-: 流入, +: 流出),  $S_{ox}, S_{oy}$ :  $x, y$  方向の河床勾配( $= -\partial z_b / \partial x, -\partial z_b / \partial y$ ),  $S_{Lx}, S_{Ly}$ :  $x, y$  方向のエネルギー損失勾配,  $S_{fx}, S_{fy}$ :  $x, y$  方向の摩擦勾配,  $F_x, F_y$ : 計算メッシュ内に樹木などの物体群が含まれる場合に付加される  $x, y$  方向の流体力項,  $z_b$ : 河床位

$$\frac{(u_n h)_R^{t+\Delta t}}{2\bar{c}} = \frac{(u_n h)_R^t}{2\bar{c}} - \left(1 - \frac{\bar{u}_n}{\bar{c}}\right) \left(\frac{h_R^{t+\Delta t} - h_R^t}{2} - (\bar{u}_n + \bar{c}) \frac{\Delta t}{\Delta x_n} \left\{ \frac{(u_n h)_R^t}{2\bar{c}} - \frac{(u_n h)_L^t}{2\bar{c}} + \left(1 - \frac{\bar{u}_n}{\bar{c}}\right) \left(\frac{h_R^t - h_L^t}{2}\right) \right\} + \frac{g\bar{h}}{2\bar{c}} (S_{on} - S_{fn}) \Delta t \right) \quad (2)$$

$$(u_n h)_R^{t+\Delta t} = (u_n h)_R^t + \bar{u}_n (h_R^{t+\Delta t} - h_R^t) - \bar{u}_n \frac{\Delta t}{\Delta x_n} \left[ \{(u_n h)_R^t - (u_n h)_L^t\} - \bar{u}_n \{h_R^t - h_L^t\} \right] \quad (3)$$

損失項が付加されている。離散化には流束差分法が用いられている。境界条件には、図-1 に示すように、右側セルを計算領域外とし、各セルの上・下流端境界条件に水位を与え、式(1)を流束差分法と同様な方法で風上化をすることで求まる境界条件式(式(2)と(3))より、単位幅流量を算定する。式中の記号の定義は図-1 に示す通りである。ここに、 $S_{on} = S_{ox}n_x + S_{oy}n_y$ ,  $S_{fn} = S_{fx}n_x + S_{fy}n_y$  である。境界条件の設定手順は次の通りである。まず、①境界条件として与えた新しい時間ステップの水位  $H^{t+\Delta t}$  から水深  $h^{t+\Delta t} (= H^{t+\Delta t} - z_b)$  を求める。次に、②式(2), (3)を用いて、新しい時間ステップの単位幅流量  $(u_n h)^{t+\Delta t}$ ,  $(u_n h)^{t+\Delta t}$  を算出する。解析法の詳細については参考文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

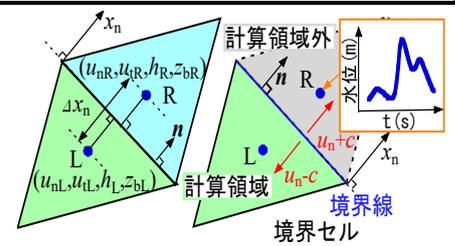


図-1 計算セルと境界セル

## 3. 花月川への適用

### (1) 解析対象領域

解析対象河川は花月川の大臣直轄管理区間である。花月川は、一級河川筑後川の支川であり、一の瀬川、小野川、有田川が合流する。花月川流域面積は 136.1km<sup>2</sup>、流路延長は 16.6km である。同区間には、5 の堰と 18 の橋が存在する。花月川流域の概要および観測所位置を図-2 に示す。

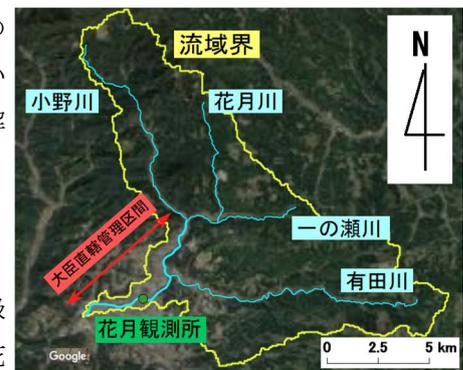


図-2 花月川と流域の概要

### (2) 解析の概要

本解析では、上・下流端境界条件として痕跡水位を与えた。河道横断面図には平成 29 年のものを、粗度係数には推定粗度係数と逆算粗度係数を用いた。なお、逆算粗度係数は、参考文献<sup>3)</sup>の手法に基づき求めた。

支川の有田川からの流入流量については、有田川の横断面や痕跡水位が不明であったため、分布型流出解析で求めた流量を境界条件として与えた。

(3) 結果と考察

同手法から、花月水位観測所での流量は  $1,409\text{m}^3/\text{s}$  と推定された。同観測所では平成 24 年 7 月九州北部豪雨時に  $1,350\text{m}^3/\text{s}$  の流量を記録してお

り、本解析結果は同流量よりも大きな結果となった。同区間では平成 24 年 7 月豪雨後の激甚事業により流下能力が向上されたことに加え、今次豪雨では同流域に約 1.6 倍の降雨量であったことにより、同観測所の流量は平成 24 年に比べ大きくなったと考えられる。なお、解析結果では越水が生じていた。図-3 は、解析結果と痕跡水位との比較を示したものである。これらより、同モデルが、花月川の痕跡水位を十分な精度で再現していることが確認できる。なお、橋の影響を考慮せず堰のみを考慮した解析を実施したところ、水位に大きな変化は生じなかったことから、本出水では橋や橋での流木の集積による堰上げ効果は小さかったと考えられる。図-5 は、今次豪雨で流出した JR 九大線の鉄橋周辺の流速の絶対値と摩擦速度のコンター図を示したものである。これらより、JR 九大線の鉄橋周辺の右岸側では、他の区間に比べ、流速、摩擦速度が大きいこと、などが確認できる。このことから、河床変動解析による確認が必要ではあるが、JR 九大線の鉄橋周辺の右岸側の橋脚に働く流体力とその周辺の河床に働く底面せん断力は他の橋脚に比べ大きい状況にあったと考えられる。

4. おわりに

本研究から、(1)本解析法は、花月川の痕跡水位を十分な精度で再現できること、(2)今次豪雨での花月川の推定流量は  $1,409\text{m}^3/\text{s}$  であること、(3)JR 九大線の右岸側は流速・摩擦速度が周辺に比べ大きく、橋脚に働く流体力と河床の底面せん断力が大きい状況であったこと、などが確認された。

謝辞：本研究を実施するに当たり、国土交通省九州地方整備局河川部、文部科学省の委託事業により開発・運用されているデータ統合・解析システム(DIAS)からデータの提供を受けた。また、科学研究費特別研究促進費(課題番号：17K20140、研究代表者：秋山壽一郎)の助成を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献) 1)国土交通省 九州地方整備局：筑後川水系河川整備計画(変更要素)について ～第3回 筑後川学識者懇談会～、[http://www.qsr.mlit.go.jp/chikugo/site\\_files/file/torikumi/01-plan\\_course/pdf/H29/08siryou5.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/chikugo/site_files/file/torikumi/01-plan_course/pdf/H29/08siryou5.pdf), 2017. , 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), 2017(登載決定). , 3)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.

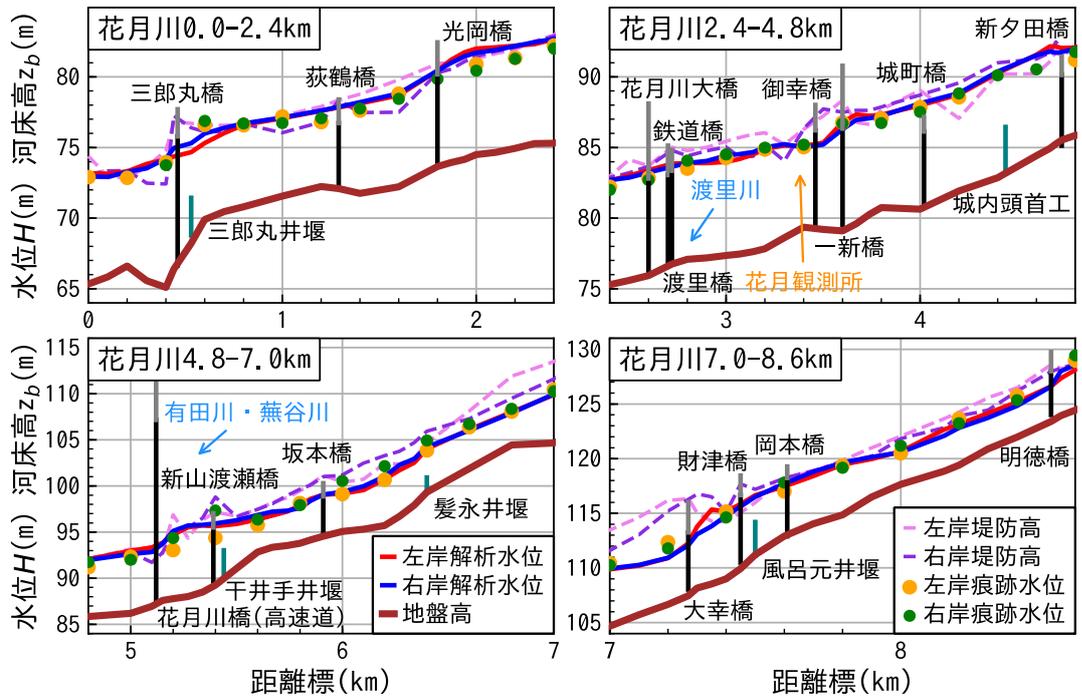


図-3 解析水位の最大値と痕跡水位の比較

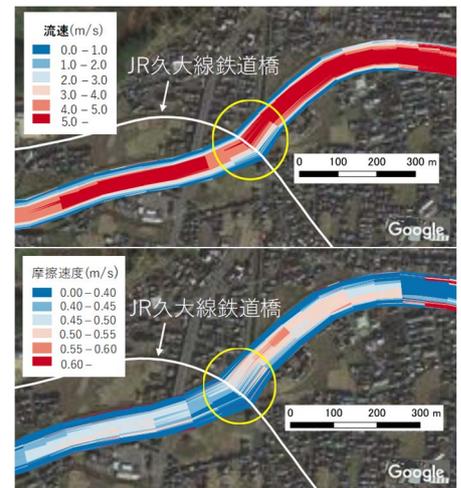


図-4 流速の絶対値と摩擦速度のコンター図