

赤谷川流域を対象にした ダイナミック降雨流出・洪水氾濫解析

重枝 未玲¹・秋山 壽一郎²・王 少博³・勝原亮介³

¹正会員 九州工業大学大学院准教授 工学研究院建設社会工学研究系

(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

E-mail:mirei@civil.kyutech.ac.jp

²フェロー会員 九州工業大学名誉教授 (同上)

E-mail:akiyama@civil.kyutech.ac.jp

³学生会員 九州工業大学大学院 工学府建設社会工学専攻博士前期課程 (同上)

E-mail: wang.shaobo293@mail.kyutech.jp , o105020r@mail.kyutech.jp

本研究は、ダイナミック降雨流出・氾濫解析モデルを新たに構築するとともに、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の赤谷川流域へ適用し、同流域での降雨流出・洪水氾濫プロセスの把握を試みたものである。同モデルは、著者らの「SA-FUF-2DF モデル」に改良を加え、流れに応じて数値流束中の標高や摩擦勾配に制限を施すことで、降雨外力から地表面流・洪水氾濫流の挙動を予測できるモデルである。同モデルが、赤谷川流域の浸水域や痕跡水位を概ね再現できることを示した後、赤谷川での雨水の挙動と洪水氾濫プロセスを検討した。さらに、土砂崩落範囲や河道には流れによる比較的大きなせん断力が長時間作用し、河道へ流入した土砂が流れによって流送され、被害を拡大させたことなどを示した。

Key Words: numerical model, dynamic rainfall-runoff and flood inundation flow model, radar rainfall, the Akatani river, Kyushu-hokubu heavy rain in 2017

1. はじめに

近年、豪雨による水災害が頻発している。平成 29 年 7 月の九州北部豪雨では、中山間地を貫流する中小河川で甚大な被害が生じた¹⁾。中小河川では洪水到達時間が短く、また水位観測も行われていない場合が多いため、降雨量が浸水リスクを判断する情報となる。

本研究で対象とする赤谷川流域では、豪雨による洪水氾濫に加え、斜面崩壊に伴う土石流の発生や土砂流出、流木が発生し、甚大な被害が生じた。このような災害リスクを評価する上で、降雨外力から、斜面崩壊や土石流による流出土砂、それに伴う流木、河道・河床変動を伴う洪水氾濫現象を把握することは不可欠である。そのため、上記を適切に予測する数値モデルの開発、例えば、降雨流出・洪水氾濫解析法²⁾の開発、土砂崩壊による土砂流出解析法³⁾の開発、それに伴う微細砂の流出予測⁴⁾、流砂・流木に伴う河道・河床変動および洪水氾濫の数値解析法⁵⁾がなされている。

中山間地域で水位観測などの観測データの少ないことから、このような災害の対策を講じる上で、降雨外力から、上記のような現象を予測する必要がある。今次豪雨

では、多数の中小河川で氾濫が生じており、氾濫を考慮した上で流域からの流出流量を求める必要がある。そのため、多くの研究^{2,3,4,5)}で降雨流出・洪水氾濫解析(RRI モデル⁶⁾が用いられている。さらに、中山間地では急斜面を雨水が流下するため、常・射流混在流の発生が予想され、これらの適切な取扱いも必要になる。

本研究は、降雨外力から土砂崩壊・土石流による土砂流出、流砂・流木による河道・河床変動を予測可能なモデルの構築を最終的な目標としている。ここでは、その第一歩として、降雨を外力として、流域レベルでの降雨流出・洪水氾濫をダイナミックモデルで取り扱う新たな数値モデルを開発し、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の赤谷川流域での降雨流出・洪水氾濫プロセスの把握を試みた。

2. ダイナミック降雨流出・洪水氾濫解析モデルの概要

ダイナミック降雨流出・洪水氾濫解析モデルは、地表面流・洪水流・氾濫流をダイナミックモデルで取り扱うモデルであり、著者らの開発した「SA-FUF-2DF モデル

(A Spatial Averaged Finite volume method based on Unstructured grid using FDS technique for 2D flood flows)』⁶⁾に河道内構造物の簡易的な取り扱いを組み込んだ数値モデルをベースとしている。同モデルに、降雨による流域への流入流量を連続の式に付加するとともに、負の水深が発生し計算が発散することを防ぐ目的で、斜面勾配や底面摩擦項の取り扱いに改良を加えた。赤谷川では土砂や流木による河道埋塞が生じているが、これは災害後の標高を用いることで考慮した。なお、土砂崩落、土砂流送、流木の取り扱いについては今後の課題である。以下では、ダイナミック降雨流出・洪水氾濫解析モデルの概要を述べる。

(1) 基礎方程式

本モデルの基礎方程式は、式(1)に示す2次元浅水方程式である。

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial y} = \mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2 \quad (1)$$

$$\mathbf{U} = (h, uh, vh)^T; \quad \mathbf{E} = (uh, u^2h + 1/2gh^2, uvh)^T;$$

$$\mathbf{F} = (vh, uvh, v^2h + 1/2gh^2)^T; \quad \mathbf{S}_2 = (q_r, 0, 0)^T;$$

$$\mathbf{S}_1 = (0, gh(S_{ox} - S_{Lx} - S_{fx}) + F_x, gh(S_{oy} - S_{Ly} - S_{fy}) + F_y)^T$$

ここに、 \mathbf{U} : 保存量ベクトル、 \mathbf{E} 、 \mathbf{F} : x 、 y 方向の流束ベクトル、 \mathbf{S}_1 : 河床・エネルギー損失・摩擦勾配ベクトル、 \mathbf{S}_2 : 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 : 河床位である。摩擦勾配についてはManningの式で、河道内の橋脚や堰などによるエネルギー損失については参考文献⁶⁾と同様な方法で算定する。また、単位面積当りの流入流量 q_r は、 $q_r = fR/3.6 \times 10^6$ で求めた。ここに、 f : 流出係数、 R : 降雨強度(mm/h)である。

(2) 離散化方法

図-1に示すセル境界線の法線方向を x_n 軸として、式(1)を x_n 軸に回転させると、式(2)の x_n 軸方向に沿った1次元浅水方程式が求まる。

$$\mathbf{U}_i^{t+1} = \mathbf{U}_i^t - \frac{\Delta t}{A_i} \sum_{k=1}^{N_e} (\mathbf{T}^{-1} \cdot \delta \hat{\mathbf{M}}_{i,k}) dL_k - \Delta t \hat{\mathbf{S}}_{2i} \quad (2)$$

ここに、 \mathbf{U}_i : セル i での \mathbf{U} の平均値、 A_i : セル i の面積、 t : 時間に対する添字、 k : セル i を構成するセル境界線に対する添字、 N_e : セルを構成するセル境界線の総数、 Δt : 時間の刻み幅、 L_k : k 番目のセル境界線の長さ、 $\hat{\mathbf{S}}_{2i}$: セル i での $\hat{\mathbf{S}}_2$ の平均値である。 $\delta \hat{\mathbf{M}}_{i,k}$ は、変動成分表示の k 番目のセル境界線での数値流束であり、 x_n 方向の1次元の数値流束を \mathbf{T} の逆行列 \mathbf{T}^{-1} で変換すること

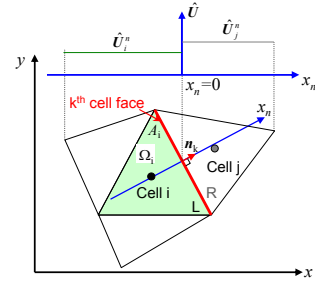


図-1 計算セル

で算定する。式(3)に数値流束を示す。

$$\delta M_{i,k}^{\pm} = \sum_{j=1}^3 \left[\frac{1 \pm \text{sgn}(\tilde{\lambda}_k^j)}{2} (\tilde{\lambda}_k^j \tilde{\alpha}_k^j - \tilde{\beta}_k^j) \pm \tilde{v}_k^j \tilde{\alpha}_k^j \right] \tilde{\mathbf{e}}_k^j \quad (3)$$

$$\tilde{\lambda}_k^1 = \tilde{u}_{nk} - \tilde{c}_k, \quad \tilde{\lambda}_k^2 = \tilde{u}_{nk}, \quad \tilde{\lambda}_k^3 = \tilde{u}_{nk} + \tilde{c}_k$$

$$\tilde{\mathbf{e}}^1 = (1 \quad \tilde{\lambda}^1 \quad \tilde{u}_t)^T; \quad \tilde{\mathbf{e}}^2 = (0 \quad 0 \quad \tilde{c})^T; \quad \tilde{\mathbf{e}}^3 = (1 \quad \tilde{\lambda}^3 \quad \tilde{u}_t)^T$$

$$\alpha_k^1 = \left(\frac{\Delta h}{2} + \frac{\tilde{u}_n \Delta h - \Delta(u_n h)}{2\tilde{c}} \right)_k; \quad \alpha_k^2 = \left(\frac{\Delta(u_n h) - \tilde{u}_t \Delta h}{\tilde{c}} \right)_k;$$

$$\alpha_k^3 = \left(\frac{\Delta h}{2} - \frac{\tilde{u}_n \Delta h - \Delta(u_n h)}{2\tilde{c}} \right)_k$$

$$\beta_k^1 = (-\bar{S}_2/2\tilde{c})_k; \quad \beta_k^2 = 0; \quad \beta_k^3 = (\bar{S}_2/2\tilde{c})_k$$

$$\tilde{u}_{n,i} = \left(\sqrt{h_L} u_{n,iL} + \sqrt{h_R} u_{n,iR} \right) / \left(\sqrt{h_L} + \sqrt{h_R} \right);$$

$$\tilde{c} = \sqrt{g(h_L + h_R)/2}; \quad \tilde{h} = (h_L + h_R)/2$$

ここに、 u_n : x_n 方向の流速($=u_n x_n + v_n y_n$)、 u_t : x_n に垂直な方向の流速($=u_t y_n - v_t x_n$)、 \mathbf{n} : 単位法線ベクトル($=n_x \mathbf{i} + n_y \mathbf{j}$)、 \tilde{v}_k^j : 式(4)で表されるエントロピー補正である。

$$\tilde{v}_k^j = \begin{cases} |\lambda_R^j - \lambda_L^j|/4 & \text{if } \lambda_R^j \lambda_L^j < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

また、式(3)中の \bar{S}_2 は、次式のように表される。

$$\bar{S}_2 = -g\tilde{h} \left(\Delta z_b + \bar{S}_{Ln} \Delta x_n + \bar{S}_{fn} \Delta x_n + \bar{F}_n / g\tilde{h} \cdot \Delta x_n \right)$$

$$\bar{S}_{Ln} \Delta x_n = \Delta H_e; \quad \bar{S}_{fn} = n^2 \tilde{u}_n \sqrt{\tilde{u}_n^2 + \tilde{u}_t^2} / \tilde{h}^{4/3}$$

$$\bar{F}_n = 1/2 C_d \cdot a \cdot \tilde{u}_n \sqrt{\tilde{u}_n^2 + \tilde{u}_t^2}$$

ここに、 ΔH_e はエネルギー損失である。

(3) 河床・エネルギー損失・摩擦勾配ベクトルの補正

ここでは、非物理的な解を避けるために、参考文献⁷⁾と同様に、河床・エネルギー損失勾配・摩擦勾配ベクトルを補正した。紙面の都合上、常流のみを説明する。詳細については参考文献⁷⁾を参照されたい。

河床勾配、摩擦勾配、エネルギー勾配を考慮した場合の単位幅流量を hu 、摩擦勾配やエネルギー勾配を無視し、河床勾配のみを考慮した場合の単位幅流量を hu_e とし、式(5)に示すように底面摩擦や物体によるエネルギー損失により流速の符号が変化しないように、式(6)で \bar{S}_2 を補正した。



図-2 赤谷川流域

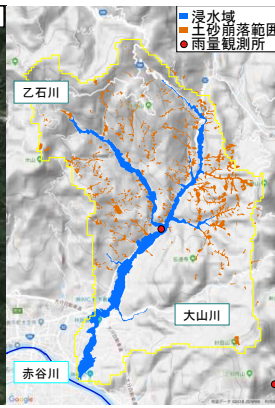


図-3 赤谷川流域の浸水域および土砂崩壊範囲

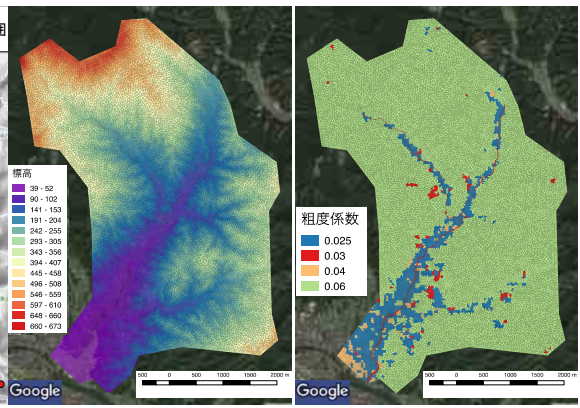


図-4 解析に用いた標高(左)と粗度係数(右)

表-1 土地利用と粗度係数・流出係数

土地利用分類	粗度係数n	流出係数f
水域	0.025	1
都市	0.04	0.9
水田	0.025	0.7
畑地	0.025	0.6
草地	0.03	0.6
落葉広葉樹	0.06	0.7
落葉針葉樹	0.06	0.7
常緑広葉樹	0.06	0.7
常緑針葉樹	0.06	0.7
裸地	0.03	0.7

$$(hu)(hu_t) \geq 0 \quad (5)$$

$$\bar{S}_2 = \begin{cases} \bar{S}_2^q & (hu)_{z,i+1/2}^\downarrow \cdot (hu)_{i+1/2}^\downarrow < 0 \\ \bar{S}_2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$\bar{S}_2^q = -2\tilde{c}_{i+1/2} (hu)_{i+1/2}^*$$

$$(hu)_{i+1/2}^* = (hu)_i + (\tilde{\alpha}\tilde{\lambda}^1)_{i+1/2}; (hu)_{z,i+1/2}^\downarrow = (hu)_{i+1/2}^* + (S_z/2\tilde{c})$$

$$(hu)_{i+1/2}^\downarrow = (hu)_{i+1/2}^* - \beta^1_{i+1/2}; S_z = -g\tilde{h}\Delta z_b$$

また、解析において負の水深が発生しないように、 \bar{S}_2 を式(7)のように補正した。これは、各特性波の中間状態の水深が負とならないように行う補正である。

$$\bar{S}_2 = \begin{cases} \bar{S}_{2,\max} & \bar{S}_2 \geq \bar{S}_{2,\max} \\ \bar{S}_2 & \bar{S}_{2,\min} < \bar{S}_2 < \bar{S}_{2,\max} \\ \bar{S}_{2,\min} & \bar{S}_2 \leq \bar{S}_{2,\min} \end{cases} \quad (7)$$

$$\bar{S}_{2,\max} = -2(h^* \tilde{c} \tilde{\lambda}^1)_k; \bar{S}_{2,\min} = -2(h^* \tilde{c} \tilde{\lambda}^3)_k$$

$$h^* = h_L + \alpha_k^1 = h_R - \alpha_k^3$$

3. 赤谷川流域への適用

(1) 赤谷川流域の概要と豪雨災害の概要

本研究で対象とする赤谷川流域を図-2に示す。赤谷川は、筑後川の50.7km地点で合流する延長15.0kmの支川である。赤谷川の流域面積は20.1km²であり、その土地利用は、山林88%、畑・丘陵・放牧地・公園7%、水田4%、宅地1%である。赤谷川流域は、大量の土砂や流木による河道埋塞に伴う流水被害を受けた流域¹⁾である。図-3に同流域の浸水域および土砂崩壊範囲⁸⁾を示す。

(2) 解析の概要

解析対象時刻は、平成29年7月5日7時から6日6時とした。標高には、平成29年7月豪雨災害後に計測された1mメッシュのLPデータを、土地利用データにはALOS2⁹⁾を用いた。図-4に、解析に用いた標高と粗度係数を示す。粗度係数と流出係数は、表-1に示すように、土地利用に応じて与えた。

本豪雨災害は、局地的な短時間の集中豪雨が要因であるため、降雨外力には、空間解像度の高い国土交通省が運用・管理するXRAIN¹⁰⁾を用いた。図-5に、赤谷川流域近傍の北小路公民館雨量観測所と観測所位置でのXRAINの1時間雨量を示す。北小路公民館雨量観測所で比較した理由は、赤谷川流域中の松末小学校雨量観測所が欠測したためである。これより、XRAINの雨量は、観測所雨量に比べ、雨量を過小評価していることが確認できる。これは、強雨域背後でレーダ減衰が生じたためと考えられる。特に、強雨域背後に位置する赤谷川流域ではその影響が大きいと考えられる。そこで、降雨外力には、国土交通省が運用・管理するXRAIN¹⁰⁾を、ダイナミックウィンドウ法¹¹⁾により流域内の雨量観測所の実績降雨に基づき補正したレーダ雨量を用いた。ダイナミックウィンドウ法は、地上雨量とその観測地点に重なるセルのレーダ雨量との比を計算し、このレーダと地上雨量との比を重み付きで内挿した後、各セルのレーダ雨量に掛け合わせることで、レーダ雨量を補正する方法である。また、レーダ雨量の各セルに対して、最も隣接しているアメダス雨量観測所の月別歴代1位の10分間雨量に+5mmしたものを雨量限界値とし、補正值がこの雨量限界値を超えた場合、雨量限界値に置き換える処理を行なった¹²⁾。図-6に、ダイナミックウィンドウ法で補正した48時間雨量と雨量限界値を考慮した48時間雨量を示す。これより、ダイナミックウィンドウ法のみで補正した雨量には累加雨量1000mmを超える異常値が広い範囲

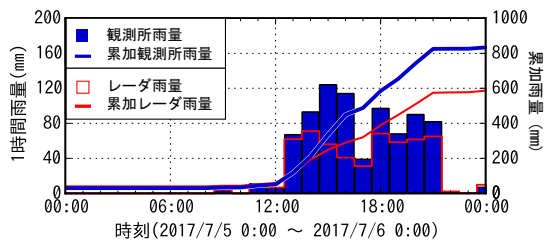


図-5 北小路公民館雨量観測所の雨量の比較

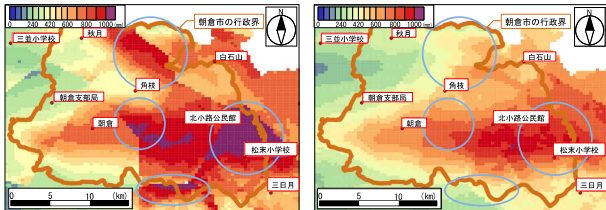


図-6 限界雨量値の有無による雨量の比較

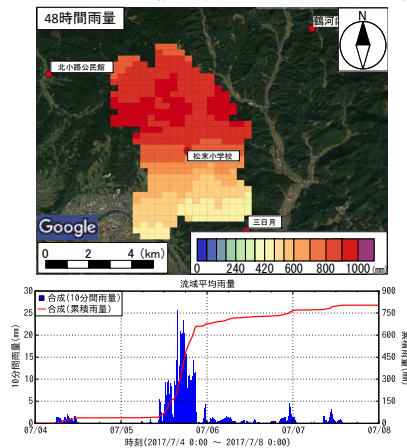


図-7 赤谷川流域の48時間雨量と流域平均雨量

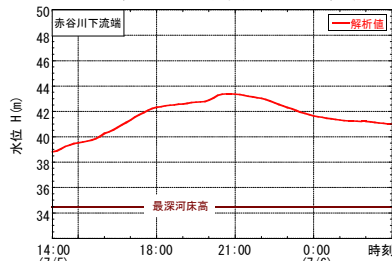


図-8 筑後川本川との合流点での水位ハイドログラフ

で確認でき、限界雨量値を導入することで、このような異常値を改善できることが確認できる。なお、この処理は、豪雨域背後の領域で、全セル数(約10万個程度)の8%程度のセルで実施された。図-7に、解析に用いた赤谷川流域の48時間雨量と流域平均雨量を示す。解析の初期条件はドライ条件(水深・流速0)とした。下流端水位については、1次元河道ネットワークモデルによる分布型流出・1次元洪水解析¹³⁾より得られた図-8の筑後川本川との合流点での水位ハイドログラフを与えた。

(3) 再現性の検証

図-9に、本解析より得られた最大浸水深と実測浸水域¹⁾の比較を、図-10に、被災前の河道に沿った赤谷川下流から乙石川合流点までの解析最大水位と痕跡水位¹⁾との比較を示す。なお、図-9中には土砂崩壊地も合わ

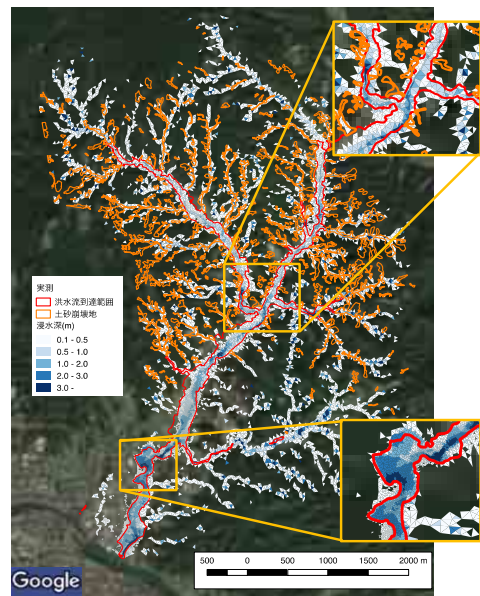


図-9 最大浸水深と実測浸水域の比較

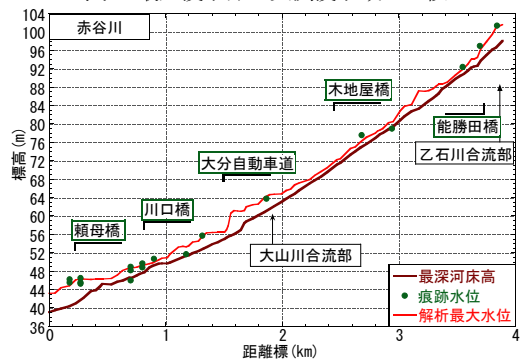


図-10 乙石川合流点までの最大水位と痕跡水位との比較

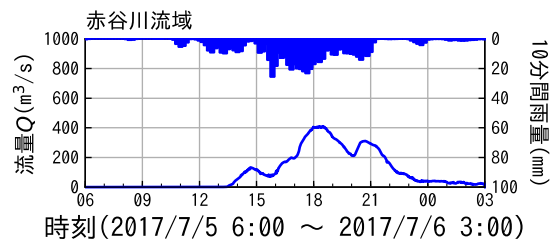


図-11 赤谷川下流での流量ハイドログラフ

せて示している。これより、本解析結果は、浸水域および痕跡水位を十分な精度で再現できることが確認できる。本解析では土砂流送を考慮せず、被災後の標高を用いることで土砂による河道の埋塞を考慮した。この場合、河床変動の影響は粗度係数に含まれる。ピーク水位時にはその影響が小さいため、痕跡水位や浸水域を再現できたと考えられる。図-11に、赤谷川下流での流量ハイドログラフを示す。そのピークは18時ごろに発生しており、ピーク流量は405m³/sとなった。筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会報告書¹⁾では、合理式に基づきピーク流量は520m³/sと推定されており、本解析ではその値よりも若干小さく、RRIモデルを用いた降雨流出・氾濫解析結果²⁾と概ね一致する。これは、本解析では氾濫が考慮されるため、下流へ伝わるピーク流量が低減されたためと考えられる。

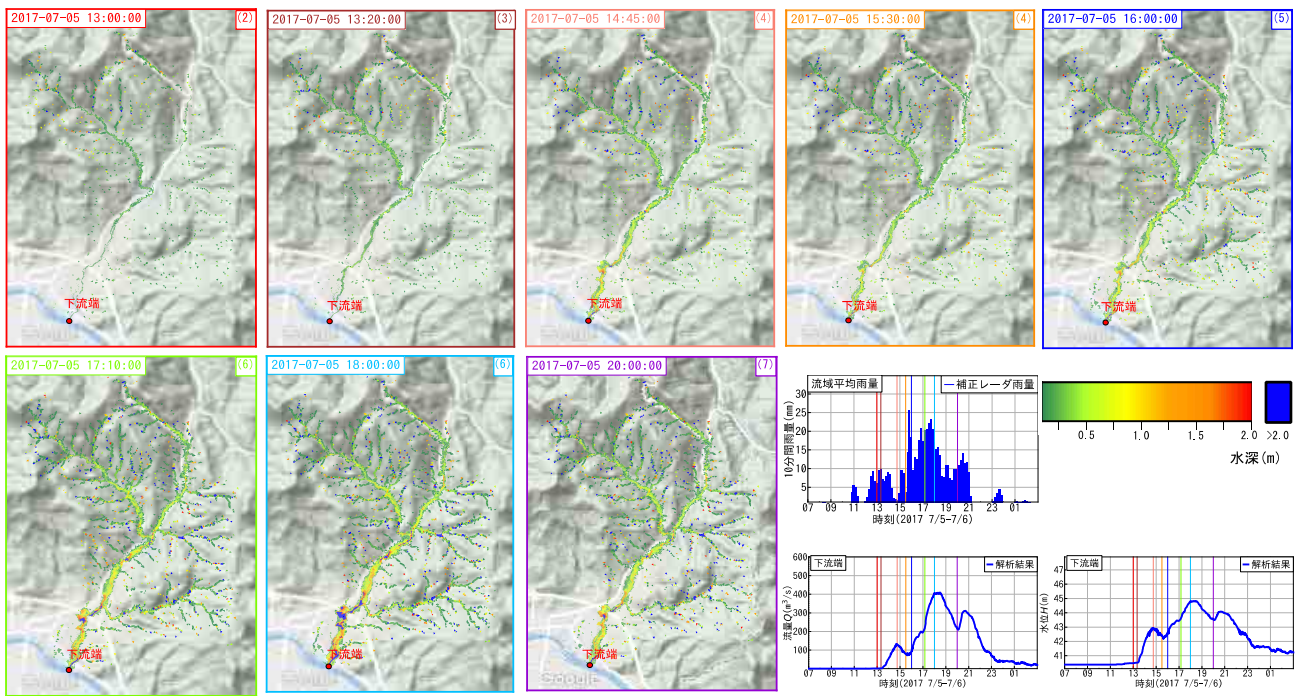


図-12 水深の解析結果の経時変化

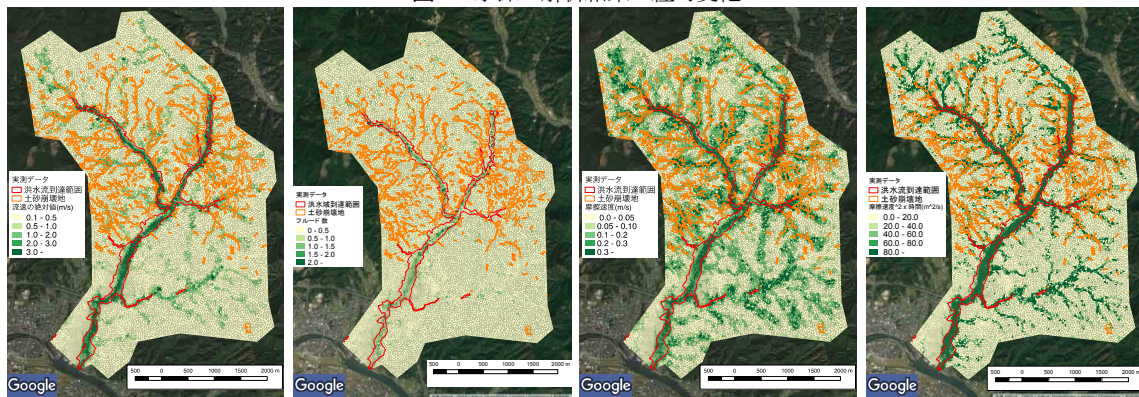


図-13 流速の最大値, Fr数の最大値, 摩擦速度の最大値, 摩擦速度の2乗の時間積分値

(4) 洪水氾濫プロセスの把握

図-12 に、本解析より得られた水深の経時変化を示す。なお、図中には赤谷川流域の流域平均雨量と下流での流量・水位ハイドログラフを示す。これより、豪雨による雨水が赤谷川を流下するプロセスは、次の通りであったと考えられる。なお、図-12 の水深コンター図中の番号は、以下のプロセスと対応している。(1)同流域では12時ごろから豪雨となる。(2)降り始めから1時間後の13時に、流域から流出した雨水が洪水流として乙石川を流下する。(3)13時20分ごろには赤谷川上流からの洪水流が乙石川との合流付近に到達、さらに、赤谷川と筑後川の合流部へ洪水流が到達する。(4)14時45分ごろに流量は一度ピークとなった後、少雨となり、15時30分ごろに一度水が引くが、(5)16時ごろに10分間雨量25mmを超える豪雨が発生した後、赤谷川の流量は急激に上昇し、(6)17時10分ごろには流域全体で雨水が赤谷川へと流下し、18時ごろに赤谷川下流の流量はピークを迎える。(7)その後、赤谷川は減水し、20時ごろの豪雨で一時増水するが、その後、少雨となり減水する。時刻(4)や(5)、

(6)は、赤谷川では7月5日14時25分頃に越水が発生した通報があったこと、17時には赤谷川に近づけなかった¹⁴⁾ことなどの報道と一致しており、その妥当性が窺える。

図-13 に、解析より得られた流速の最大値、フルード数の最大値、摩擦速度の最大値、摩擦速度の2乗の時間積分値を示す。摩擦速度の2乗の時間積分値は底面に作用するせん断力の力積を表しており、値が大きいほど、他の領域に比べ高い底面せん断力が長時間継続したことを示す。また、図中には浸水域および土砂崩落地も合わせて示している。これらより、フルード数が1を超える区間が河道内に存在し、常・射混在流が発生していること、流速、摩擦速度の最大値と摩擦速度の2乗の時間積分値は、土砂崩落地で大きくなる傾向にあること、摩擦速度の2乗の時間積分値は土砂崩落範囲と概ね一致していること、などがわかる。このことから、土砂崩落範囲には流れによる比較的大きなせん断力が長時間作用したと考えられる。そのため、河道へ流入した土砂は流送され河道を埋塞し、被害を拡大したと考えられる。

4. おわりに

本研究では、ダイナミック降雨流出・氾濫解析モデルを構築し、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の赤谷川流域へ適用し、同流域での降雨流出・洪水氾濫プロセスの把握を試みた。その結果、以下のことが確認された。(1) 赤谷川での雨水の挙動は図-12 のようであったと考えられる。(2) 土砂崩落範囲には流れによる比較的大きなせん断力が長時間作用した。そのため、河道へ流入した土砂が流れによって流送され河道を埋塞し、被害を拡大したと考えられる。ただし、本解析では、赤谷川での土砂や流木による河道埋塞を、災害後の標高を用いることで取り扱っており、これが降雨流出・洪水氾濫プロセスに及ぼす影響については、今後さらなる検討が必要である。

謝辞：研究の実施に当たり、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)からデータの提供と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。当時、本学学生の久保剛貴君(現国土交通省)、中木翔也君(現建設技術研究所)、西山晋平君(現北九州市)、小正実奈さん(現東京建設コンサルタント)には、現地調査やデータ整理等で協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会：筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会報告書，http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/bousai_joho/tecforce/H29hokubugouu_data/171122houkokusyo11.pdf, 2017.
- 2) 佐山敬洋：九州北部豪雨被災域の降雨流出特性と観測情報のない中小河川流域における洪水予測，平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害に関する総合的研究報告書，pp.59-67, 2018.
- 3) 山崎 祐介，江頭 進治，南雲 直子：豪雨時における土砂流出量の推定法，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.74, No.4, pp.I_931-I_936, 2018.
- 4) 江頭進治，原田大輔，南雲直子，山崎祐介，萬矢敦啓：崩壊・土石流による堆積土砂に着目した微細砂の流出予測法-2017 年 7 月九州北部豪雨災害時の赤谷川を対象として-，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.74, No.4, pp.I_925-I_930, 2018.
- 5) 原田大輔，江頭進治：流砂・流木を伴う洪水流の解析-2017 年 7 月九州北部豪雨による赤谷川洪水を対象として-，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.74, No.4, pp.I_937-I_942, 2018.
- 6) 重枝未玲，秋山壽一郎，大久保剛貴，中木翔也：河川横断構造物の簡易的な取り扱いを組み込んだ平面 2 次元洪水流モデルの構築，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.73, No.4, pp.I_1423-I_1428, 2017.
- 7) Murillo, J. and Navas-Montilla, A: A comprehensive explanation and exercise of the source terms in hyperbolic system using Roe type solutions. Application to 1D-2D shallow water equations, *Advances in Water Resources*, Vol.98, pp.70-96, 2016.
- 8) 国土地理院：<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>, 2017.
- 9) JAXA：高解像度土地利用土地被覆図ホームページ，http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/tulc/julc_jpn.htm, 1997.
- 10) DIAS：<http://www.diasjp.net/service/xrain/>, 2017.
- 11) 山口高志，北川明，小野寺直，高水克哉，幸弘美：レーダ雨量計の精度向上について，*河川情報研究*，No.1, pp.91-104, 1993.
- 12) 山田隆徳，宮武真一，小池仁治，安部俊司，小淵孝志，今村英智，柴卓：部外雨量データの収集と利用について-他機関観測データ収集・高度利用装置の概要-，*測候時報*，第 78 巻，pp.141-161, 2011.
- 13) 重枝未玲，秋山壽一郎，中木翔也，勝原亮介，大久保剛貴：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 次元河道網洪水流解析，*河川技術論文集*，第 24 巻，pp.445-450, 2018.
- 14) 毎日新聞：<https://mainichi.jp/>, 2017.

(2018. 5. 31 受付)

DYNAMIC RAINFALL-RUNOFF AND FLOOD-INUNDATION ANALYSIS OF AKATANI RIVER BASIN IN KYUSHU-HOKUBU HEAVY RAIN IN 2017

Mirei SHIGE-EDA, Juichiro AKIYAMA, Shaobo WANG and Ryosuke KATSUHARA

A new numerical model for two-dimensional rainfall-runoff and flood-inundation flow analysis was constructed and dynamic rainfall-runoff and flood-inundation analysis of Akatani river basin in Kyushu-hokubu heavy rain in 2017 was performed by the model. A new procedure for a dry/wet boundary over a topography is incorporated into the model based on FDS(Flux Difference Splitting) solver. The model was also verified against observed water level and maximum inundation area. It showed that the proposed model can reproduce it with reasonable accuracy. A rainfall-runoff and flood-inundation process and were also examined based on the numerical results.