

山地河川の合流点における画像解析を用いた流速計測結果に基づく粗度係数の推定 および一次元不定流計算

株式会社建設技術研究所 ○草野 恭真, 家田 泰弘, 清水 万莉子, 西尾 潤太
日名 純也, 井内 拓馬, 村井 臣成, 近藤 圭悟
国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 山田 啄也, 青野 友哉
国土交通省 近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター 高原 晃宙

1. はじめに

紀伊山系砂防事務所では、短期土砂・洪水氾濫対策および中期土砂流出対策の計画立案のために、一次元河床変動計算モデルを用いて、将来の河床変動や水位の予測計算を行っている。このうち、水位計算のための重要なパラメータとして河道の粗度係数がある。

山地河川の粗度係数に関する研究は古くから実施されている。近年では浅野ら¹⁾により、粗度係数は場所によって異なり、河川地形や河床勾配、河床材料からある程度予測できる可能性が示されている。よって、山地河川の合流点の上下流など地形等が異なる場所では、実態に即した適切な粗度係数を設定することが重要である。しかし、山地河川では粗度係数の設定に資する検証データが十分に取得できない場合が多く、実務上においては、粗度係数を同一河道内で一律に設定することが多い。一方近年では、粗度係数の設定に資する検証データの取得方法として、STIV解析²⁾による非接触型の流速観測があり、山地河川における簡易的な流速把握への適用が期待されている。

そこで本検討では、山地河川の合流点周辺を対象に水位および流速の観測データを取得し、観測結果を基に実態の水流出状況に即した粗度係数を同定した。また、同定した粗度係数を用いて一次元不定流計算を実施し、水位の再現性を通じて計算モデルの妥当性について検証した。

2. 検討対象箇所・流域の概要

本検討では、2011年紀伊半島大水害により上流で大規模な深層崩壊および河道閉塞が発生し、顕著な土砂流出が生じ、今後も継続的な土砂流出が想定される「滝川流域（流域面積 66.7km²、平均河床勾配 1/66、平均川幅 30.2m）」を対象とした。滝川流域の滝川・栗平川合流点周辺における観測状況を図1に示す。

3. 観測結果の整理

(1) 雨量

雨量は、栗平地点（合流点から5.4km上流地点）に設置されている雨量計により観測した（R7.4/1～R7.12/23）。観測した雨量データのうち累加雨量100mmを超過した9月出水を対象に以降の検討を行った。9月出水における雨量観測データを図2上に示す。

(2) 水位（9月出水）

河床変動計算の係数を設定するために必要な情報を得るために、出水時の水位を観測した。9月出水における滝川（合流点上流）、栗平川（合流点上流）、滝川（合流点下流）の水位観測データを図2下に示す。



図1 滝川合流点周辺の水・土砂流状況観測箇所

また、STIV解析により流速・流量を算出した位置の河川横断面を図3に示す。

4. 方法

4.1 STIV解析による流速観測（9月出水）

STIV法による流速観測では、固定カメラにより撮影した動画データを入力データとし、解析区間および解析線を設定したうえで、水面模様の移動を解析することにより表面流速の横断分布を算出した（図4）。9月出水時の2時点を対象としたSTIV解析結果を表1に示す。また、滝川における9月出水時の水深と断面平均流速の関係を図5に示す。滝川では、STIV解析を実施した時刻の水深は0.34mと0.39mであり、対象となる水深の範囲が狭かった。これらの水深のときの流速は1.46～1.47m/sとなり、概ね同程度であった。

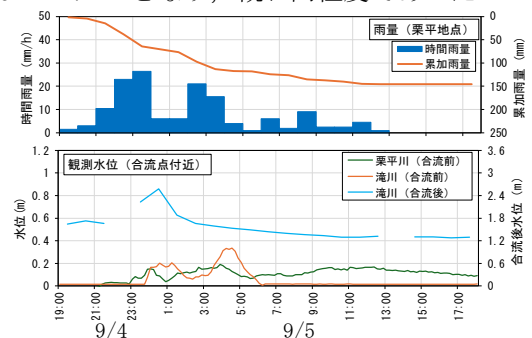


図2 9月出水における雨量および水位観測データ 滝川

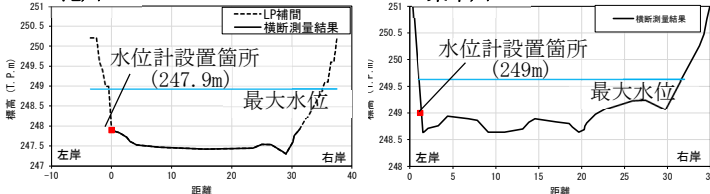


図3 滝川・栗平川の流速計測位置 横断面

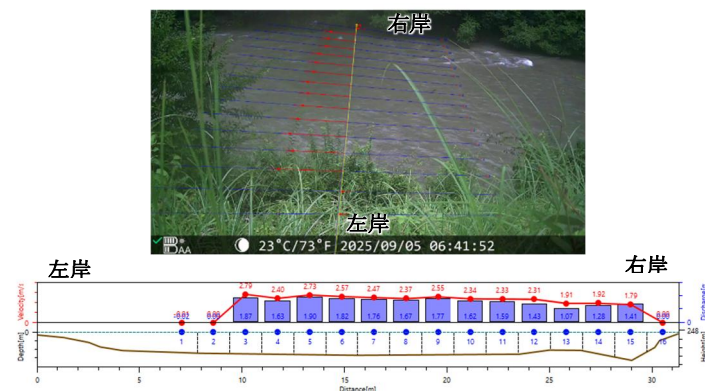


図4 表面流速の横断分布（滝川）

表1 STIV解析結果（滝川）

No.	観測日時 (動画時刻最近停の水位 観測時刻)	観測水位 H[m]	平均水深 [m]	推定 流下幅 [m]	断面平均流速 V[m/s]	流量計測結果 Q[m ³ /s]
1	2025/9/5 5:40	0.08	0.58	20.2	1.46	23.6
2	2025/9/5 6:40	0.02	0.52	20.2	1.47	20.8

4.2 観測結果による計算係数の同定

(1) 現地観測結果に基づく粗度係数の同定

粗度係数を変化させてマンニング式により流速を算出し、STIV 解析結果と比較することで、各観測地点の粗度係数を同定した。粗度係数を一般値である 0.045 としたときの流速算出結果をみると、STIV 解析結果と比較して観測時間における断面平均流速が小さい結果となり、粗度係数 0.030 の時の流速算出結果と同程度となった(図 7)。したがって、滝川(合流前)では、粗度係数は 0.030 と同定した。同手法により、栗平川(合流前)では、 $n=0.055$ のときに STIV 法による解析流速とマンニング式による計算流速が概ね同程度となった。したがって、栗平川(合流前)では、粗度係数 $n=0.055$ と同定した。

(2) 滝川と栗平川の粗度係数の違いに関する考察

R7 年 9 月(出水後)に UAV により空撮したオルソ写真を図 8 に示す。また、9 月出水時に取得したインターバルカメラの画像を図 9 に示す。滝川では、合流点上流の左岸側に一部土砂が堆積しているが、流速計測位置においては平坦な河床を呈しており(図 3 左)、流路は阻害されていない。

一方、栗平川では、流速計測位置付近において土砂が堆積して砂州を形成しており、河床は凹凸を有している(図 3 右)。その結果、河道幅に対して流下幅が小さく、流路が阻害された可能性がある。

以上より、栗平川では滝川と比較して、河床の凹凸を有しているため、本検討で同定した見かけ上の粗度係数が大きくなったと考えられる。

4.3 一次元河床変動計算モデルの妥当性確認

観測結果から同定した粗度係数と観測水位を基に、マンニング式により算出したハイドログラフを設定し、令和 7 年 9 月出水を対象に一次元不定流計算を実施した。滝川の水位観測地点における水深の時間変化を図 10 に示す。滝川では、最大水深は、実測値が 0.638m であったのに対し、計算値では $n=0.045$ の場合 0.919m、 $n=0.03$ の場合に 0.733m であり、粗度係数を現地観測結果から同定することで、実測水位に対する計算水位の再現性が向上した。栗平川でも同様に、粗度係数を現地観測結果から同定することで、より実測値に近い計算値が得られた。

5. まとめ

- 本検討による成果と今後の課題を以下に示す。
- 令和 7 年 9 月出水における実測水位および流速の観測結果から粗度係数を同定した結果、滝川と栗平川それぞれで粗度係数が異なることを確認した。
- 滝川と栗平川の一次元河床変動計算モデル上の粗度係数を観測結果から同定した値とすることで、実測水位に対する計算水位の再現性が向上した。
- 今回観測した令和 7 年 9 月出水は小規模であったため、粗度係数の同定に用いた水位や流速の範囲は限定的である。今後も現地観測を継続し、より大規模な出水に対してデータ蓄積を行い、粗度係数などの計算に必要な係数の同定と、観測結果と計算結果の比較を行い、幅広く出水における適用性の確認を行うことが望ましい。
- また、今回観測した時期には顕著な土砂流出は確認されなかった。このため、今後は河床変動を伴う出水の観測が必要となる。これら観測結果を用いて、数値計算による河床変動や流出土砂量の再現性についても検証を行うことで、土砂・洪水氾濫の被害想定や施設効果の評価について、より実態に即した評価が可能であると考えられる。

参考文献

- 浅野女子他 (2015) : 階段状河川における洪水時の水理特性の実測, 砂防学会概要集, 2015 号, p. A.150-A.151
- 藤田一郎 (2015) : 河川表面流速の画像計測ソフトウェア KU-STIV 開発の背景とその応用, 建設工学研究所論文報告集, 57 号, p.81-92

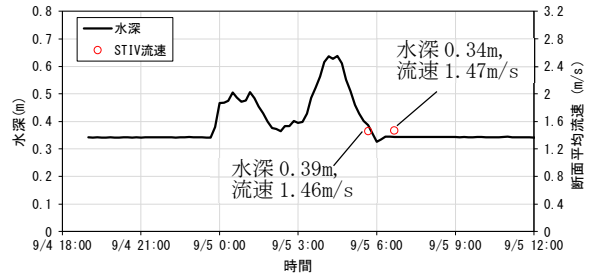


図 5 滝川における 9 月出水時の水深と流速

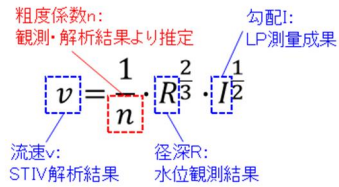


図 6 粗度係数同定イメージ

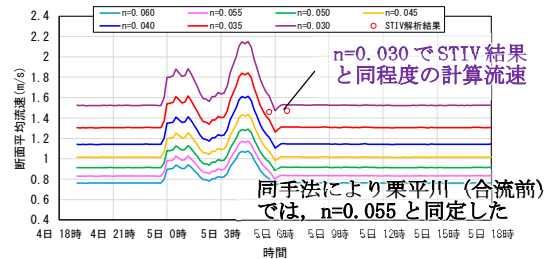


図 7 滝川における観測時間毎の流速の比較



図 8 UAV 空撮写真 (R7.9 撮影)

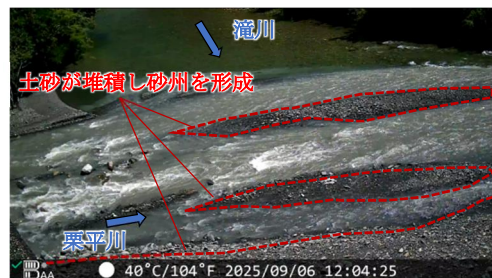


図 9 インターバルカメラ (9/6 12 時頃)

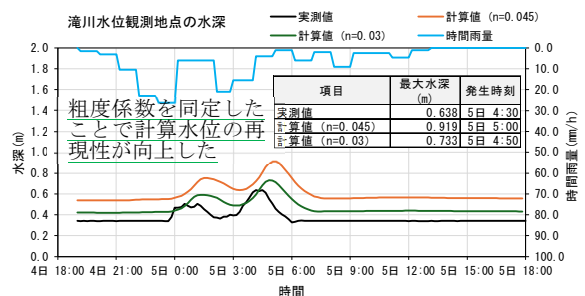


図 10 滝川の水流出計算結果 (水深時間変化)