

画像の輝度情報・色情報を用いた 山地河川の流況変化検知手法の開発

い が ら し か ず ひ で み づ た に た す く さ の や す し ま つ も と さ だ か ず い け し ま つ よ し
五十嵐和秀¹・水谷 佑²・佐野泰志³・松本定一⁴・池島 剛¹

¹日本工営（株）国土保全事業部砂防部（〒102-8539 東京都千代田区麹町1-6）

²日本工営（株）大阪支店（〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満1-2-5）

³日本工営（株）札幌支店（〒100-0001 北海道札幌市中央区北5条西6-2）

⁴日本工営（株）名古屋支店（〒461-0005 愛知県名古屋市東区東桜2-17-14）

画像の輝度情報・色情報を用いて、溪流の濁水発生検知と水位判読の手法を開発した。濁水検知には色情報に着目し、指標としてRGB値が有意であることが示された。水位判読では、水位標と水面の画素から輝度情報を抽出・解析することで、水位変化を捉えることができた。画像鮮明化処理では、画像の輝度値をヒストグラム平滑化処理することにより、夜間降雨時映像の視認性の向上が認められた。本研究では、静岡県伊豆半島に位置する狩野川流域を研究対象地として、画像解析の技術開発を試みたので報告する。

Key Words : 画像解析, 溪流監視, 監視・観測, 安全管理

1. はじめに

平成29年九州北部豪雨のように複数溪流・広域に及ぶ土砂災害に対して、効率的かつ低コストに溪流を監視するための技術は、二次被害・被害拡大防止の観点からも重要である。災害直後には、既設CCTVカメラによる監視に加え、監視カメラを増設し監視体制を強化することが基本となっている。このような現状が背景にあるため、監視カメラの映像を自動解析し有効活用できれば、現場の監視体制の一層の向上が期待される。

しかしながら、山地河川では同じカメラ画角内において、豪雨に伴って水位・濁度が変化だけでなく、土砂が掃流状に移動する場合と、土石流のように集合流動する場合など、水・土砂は多様な流下形態を呈する。また、夜間や、降雪・降雨・雲霧時などは映像の視認性の低下も伴い、既往の画像解析技術では山地流域の土砂移動現象を捉えることが困難であった。

筆者らによる研究開発では、斜面の土砂移動現象、溪流の流況変化（水位や濁りの変化）を検知する技術を開発中である。近年、昼夜間映像における動体追跡技術や高精度距離検出^{1), 2)}、画像鮮明化処理技術^{3), 4), 5)}など、夜間・悪天候時における不鮮明な映像に対する有効性が示され、着々と研究開発が進んでいる。

本発表では、それら画像解析技術を用いた業務成果の一例を発表する。

2. 方法

(1) 研究対象地

画像解析の検討を実施した狩野川砂防流域（狩野川上流域、流域面積270km²）の概要を図-1に示す。急峻な地形と火山性の堆積物に覆われた脆弱な地質構造であり、豪雨地帯及び東海地震の対策強化地域であることから、常に土砂災害の危険にさらされている地域である。

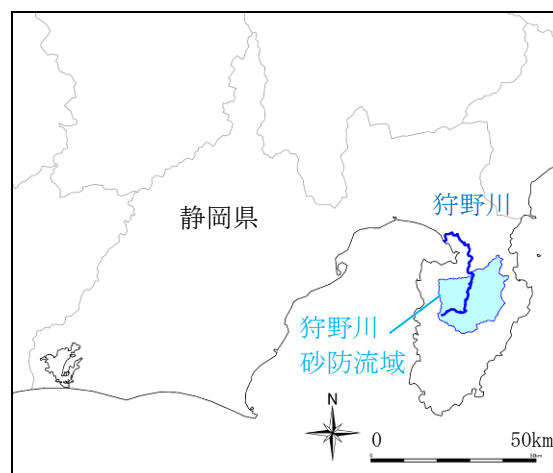


図-1 研究対象位置図（狩野川砂防流域）

(2) カメラ映像の収集・整理

狩野川砂防流域内の城川水位観測所では、（株）スリーディー製の赤外線一体型カメラ（TS-

CR370EXVF) を使用して (図-2) , 水位標を撮影し (図-3) , 水位変化時の映像を取得した. 猫越川第二砂防堰堤では製の定点観測用カメラ (TLC200) を使用して, 堰堤堆砂敷を撮影し, 濁水発生時の映像を取得した (図-4, 図-5) .

流域内で比較的大きな降雨・出水が発生した2017年4月17日～18日の映像を用いて, 以降に示す画像解析によって, 濁りの発生や水位変化を捉える手法の検討や, 夜間降雨時の画像鮮明化処理の検討を行った.



図-2 赤外線一体型カメラ (TS-CR370EXVF)



図-3 水位標撮影画像



図-4 定点観測用カメラ (TLC200)



図-5 堆砂敷撮影画像

(3) 色情報による濁り検知手法

図-6に画素情報抽出のイメージ図を示す. 猫越川第二砂防堰堤の濁水映像の $(x_j - x_i) \times (y_l - y_k)$ の画素数からなる解析対象領域において, 各画素のRGB値をオープンソース画像解析ライブラリ (OpenCV) で抽出し, 式 (1a) ~ (1d) に示す通り全画素で平均した. 各フレームの解析対象領域における色情報から, 濁水発生時の特徴を整理した.

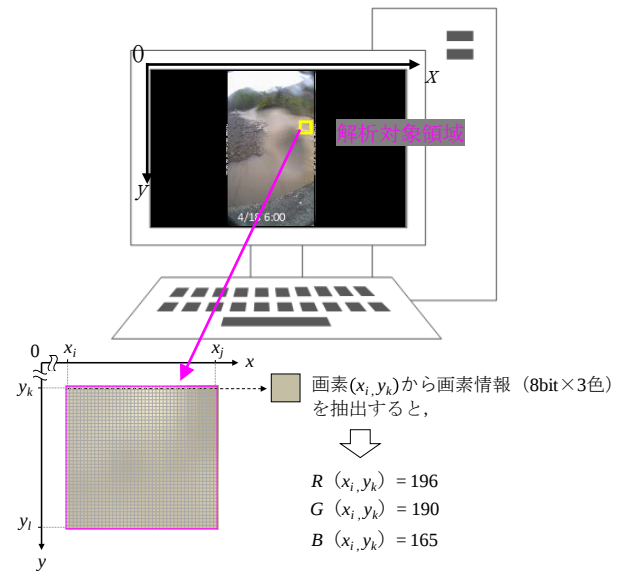


図-6 画素情報の抽出イメージ

$$\bar{R} = \frac{1}{(x_j - x_i) \cdot (y_l - y_k)} \sum_{x=x_i, y=y_k}^{x=x_j, y=y_l} R(x, y) \quad \dots (1a)$$

$$\bar{G} = \frac{1}{(x_j - x_i) \cdot (y_l - y_k)} \sum_{x=x_i, y=y_k}^{x=x_j, y=y_l} G(x, y) \quad \dots (1b)$$

$$\bar{B} = \frac{1}{(x_j - x_i) \cdot (y_l - y_k)} \sum_{x=x_i, y=y_k}^{x=x_j, y=y_l} B(x, y) \quad \dots (1c)$$

$$\bar{L} = \frac{1}{(x_j - x_i) \cdot (y_l - y_k)} \sum_{x=x_i, y=y_k}^{x=x_j, y=y_l} L(x, y) \quad \dots (1d)$$

(4) 輝度情報による水位判読手法

城川観測所に設置した水位標において水位判読を実施した(図-7)。対象としたのは、2017年4月17-18日の出水で、時間帯は水位が上昇した4月18日4~6時である。そこで、水位標部分に該当する画素の輝度値Lに着目した検討を行った。動画から5分ごとに静止画を抽出し、水位標部分(トリム画像)を切り出した。画像処理ソフトを用いてトリム画像の輝度情報を数値として取り出し、輝度分布を分析した。



図-7 既設水位標の水位判読手法

(5) 画像鮮明化処理技術

図-8に示す画像の輝度値をヒストグラム平滑化処理する手法を用いて、夜間出水時映像を鮮明化した。

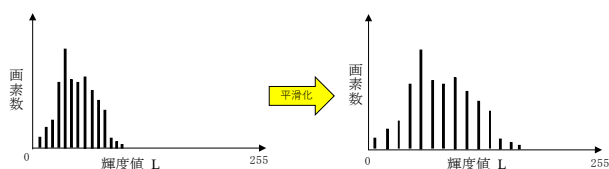


図-8 鮮明化処理イメージ

3. 結果

(1) 色情報による濁り検知結果

図-9に、色情報であるRGB値に着目し、水面の画素情報を解析した結果を示す。濁水が発生すると水面が茶系の色を呈し、RGB値はそれぞれ(182, 168, 159)とR値が相対的に大きく、次いでG値とB値となった。濁水の発生/非発生を画素情報から捉えられ、濁水検知の指標として色情報の有効性が確認できた。

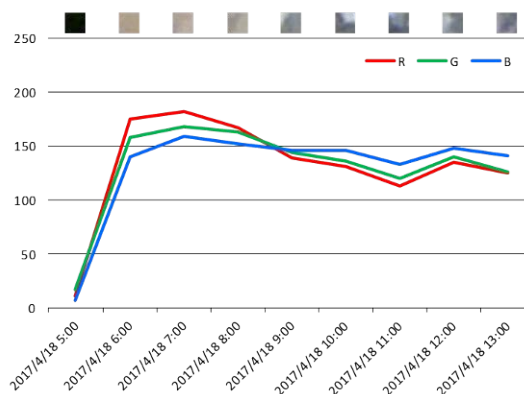


図-9 濁水検知結果

(2) 輝度情報による水位判読結果

水位目盛として画像処理で検出し、昼夜の映像を同一手法で水位判読した。画像による水位計測処理は、水面から露出した目盛の画素を抽出し、鉛直水位方向の画素数を用いて水位に換算した。水位計測処理結果と水位計計測値を図-10に示す(狩野川水系城川; 2017/4/18)。画像から自動水位判読処理によって、水位変化を捉えることができた。判読精度は、解析領域(水位目盛)の解像度による。

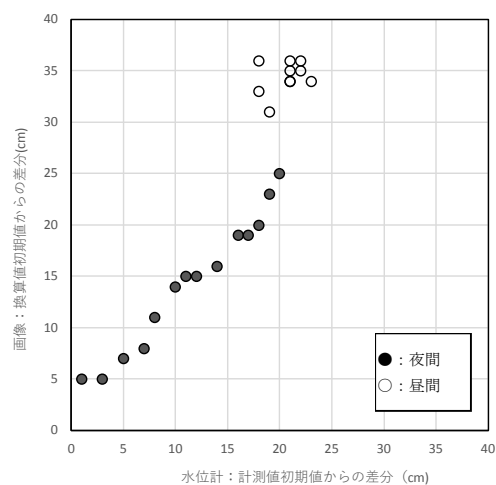


図-10 水位判読結果

(3) 画像鮮明化処理結果

画像の輝度値をヒストグラム平滑化処理することにより、夜間降雨時映像の視認性の改善が認められた（図-11, 図-12）。



図-11 夜間降雨時の画像（鮮明化処理前）



図-12 鮮明化処理後の画像

4. 考察・課題

本研究結果から、狩野川においても、既往報告^{6), 7)}と同様に、濁水の検知にR値が指標として有意であるという結果が得られた。濁水発生過程において、濁りの濃薄と色情報には相関があると考えている。今後は濁度計測値と伴わせるなどして濁度と色情報も相関性を検討していく。また、地質による違い、日照条件、雲霧の影響なども、詳細に検討していく必要がある。

水位判読精度は、解析領域（水位目盛）の解像度に依存すると考えられる。実務的に運用していく場合には、高精度化はもとより、解像度と許容誤差の

関係も整理しておく必要がある。

画像鮮明化処理は、高品質で圧縮・劣化が少ない映像ほど視認性向上の効果が大きい。今後は、画像重畳化処理による降雨線除去と併わせて視認性向上を検討していく。

5. 結論

濁水検知や水位判読、画像鮮明化処理の基礎的技術は確立されてきている。今後、これらの技術を組み合わせることで、画像から自動で山地河川の流況変化を捉えられるものと期待している。精度検証と併わせて、リアルタイムでの運用と実用化を目指す。

謝辞：本研究発表は、中部地方整備局沼津河川国道事務所の観測機器、データ及び成果を使用させていただいた。この紙面を借りて深く感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 井深真治, 福田昌宏, 水谷佑, 高原晃宙, 木下篤彦, 水野秀明: 画像解析による動体追跡技術の土砂移動検知への適用, 平成28年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 290-291, 2016.
- 2) 井深真治, 水谷佑, 五十嵐和秀, 高原晃宙, 福田昌宏, 池島剛, 木下篤彦: 高コントラスト被写体を用いた単眼カメラ画像解析による高精度距離検出, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 724-725, 2017.
- 3) 井深真治, 福田昌宏, 五十嵐和秀, 水谷佑, 松本定一, 池島剛: IoTとエッジコンピューティングを用いた画像計測による災害監視に対応した自律型高機能カメラの開発, 平成30年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 723-724, 2018.
- 4) 松本定一・中谷洋明・鈴木豊・荒井良介・春日亮太・木下篤彦・石井秀樹・池島剛: CCTV静止画像を用いた流量推定システムの開発, 平成27年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 420-421, 2015.
- 5) 松本定一, 椎葉秀作, 大森秀人, 杉山和也, 石井秀樹, 森田威孝, 流川遥平: 天竜川上流域におけるCCTV画像解析を活用した流域監視の検討, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 216-217, 2017.
- 6) 五十嵐和秀, 水谷佑, 高原晃宙, 木下篤彦, 井深真治, 池島剛: 画像のRGB値・輝度値に着目した, 山地河川における流況変化の自動検知アルゴリズム構築の試み, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 8-9, 2017.
- 7) 五十嵐和秀, 水谷佑, 高原晃宙, 水野秀明: 山地河川の濁りによるRGB値に着目した土石流発生検知手法開発に向けた試み, 土木技術資料, Vol. 59, No. 6, 2017.