

インターバルカメラの画像解析による山地溪流における水位・濁水計測

株式会社ブレインズ

○福田昌宏・井深真治

国立研究開発法人土木研究所

水谷佑・高原晃宙・木下篤彦・水野秀明

1. 緒論

山地溪流における水位（水深）・濁度は、降雨流出機構の解明や土砂移動の実態把握のための基本的な観測・計測項目であるが、水中に設置する接触式の計測機器を用いる場合、出水による流失・破損・故障等のリスクが懸念されるほか、機器入手・設置・維持管理のコストも少なくない。さらに、常時流水のない溪流や土砂が頻繁に流出・堆積する溪流等では正常に計測できない可能性があり、非接触式の水位計は滞筋が変化すると目的とするデータが得られない場合がある¹⁾。また、取得したデータは数値情報であるため、実際に発生している現象の実態を可視的に確認できない。

そこで、山地溪流における水位・濁度（濁水発生の有無や色彩変化）計測のコスト・リスクを低減し可視情報と数値情報を同時に取得するため、市販のインターバルカメラ（タイムラプスカメラ、以下「TLC」という）を活用した観測手法を考案した。水位や濁水発生の画像判読による計測（数値化）は、多大な労力を要し判読基準にもバラツキが生じるが、画像解析技術を用いて自動化することにより、省力化が期待できる。本研究では、TLC と画像解析を用いた水位・濁水計測手法の確立を目的とし、現地観測（撮影）と水位・流量・表流水の色彩変化に関する画像解析を行い、実用化に向けて課題を整理した。

2. 方法

本研究で使用した TLC は小型軽量・乾電池駆動の Brinno 社製「TLC200」である。入手・設置・管理が容易で野外使用にも適している。本研究では、山地溪流における表流水の水位・色彩変化を対象として、京都大学防災研究所穂高砂防観測所ヒル谷試験流域の支川源頭部崩壊地、支川流路、本川流路、本支川合流部に水位標と TLC を設置し、撮影間隔 2 分で観測を行った。観測期間は 2015 年 7 月 6 日～11 月 29 日である。

崩壊地は降雨時に表流水が発生し、崖錐の侵食や再移動が起こると濁水となる。支川流路は降雨の状況によって表流水が生滅するが、本川流路および本支川合流部では常時表流水がある。崩壊地の標尺（20cm 目盛）と TLC の距離は約 5m（図-1）、流路の水位標（1cm 目盛）・照明と TLC の距離は 1~2m 程度である。

電池の消耗を抑えるために低照度時に撮影を自動停止する設定としたが、流路の水位観測では、水位上昇によって点灯するように改造した照明を設け、出水時には夜間でも撮影できるようにした（図-2）。

取得した画像のうち、7月7～9日に崩壊地で発生した表流水の画像を用いて流量（流下範囲の消長）と色彩変化を、9月4日（設置時）に実施した流路の照明点灯試験の画像を用いて水位を解析した。

表流水の表面は絶えず変化するため各画素の輝度は一様ではなく、画像上で表流水が存在する部分（水面部）は非水面部よりも輝度変化が大きくなることを利用して、解析範囲における輝度変化から流量の増減を解析する。各画素の輝度と、前画像の解析範囲における平均輝度と比較し輝度差を得る。流量の増減に伴って輝度差が生じる画素数及び輝度差が大きい画素数が変化するので、輝度差の標準偏差（輝度変化

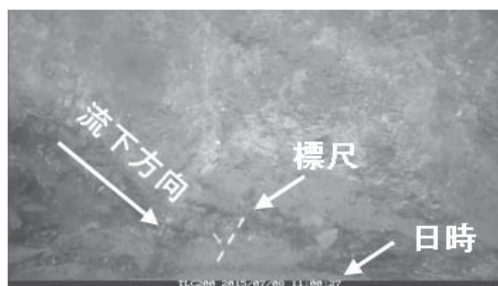


図-1 崩壊地の撮影画像

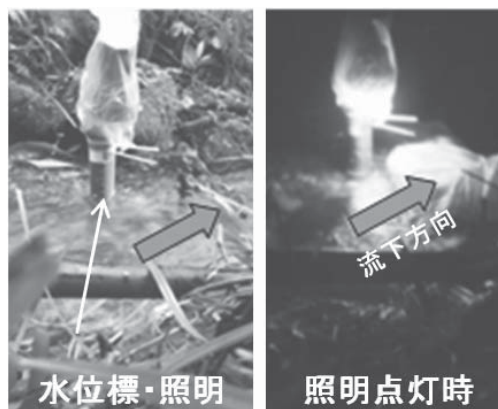


図-2 流路の撮影画像

量)を流量変化に相当するものとして数値化した。色彩変化は、解析範囲の平均の色を HSV 色空間座標における色相値として数値化した。色相値は照度の影響を受けにくい²⁾ため、濁水による色彩変化を検出・強調することができる。流量と色彩変化の値は、解析画像に時系列のグラフとして示すように処理した。水位の解析では、非水面部の水位標の目盛線を検出した。目盛線とほぼ直行する線分を解析範囲とし、この線分に沿って画素の一次元の輝度情報を取得する。目盛線は等間隔であるため、輝度情報に対してフーリエ変換を行うと特定の周波数にピークが現れる。目盛線間隔の輝度変化のみを通過する帯域通過フィルタによって水面や背景等のノイズを除去し、目盛線の部分に突出部が現れるように処理した。

3. 結果

図-3 に崩壊地での流量(輝度変化量)と色彩変化を解析した結果を示す。図-3 中の(a)のグラフが流量変化を、図-3 中の(b)のグラフが色彩変化を表す。(a)のグラフは流量の増減に応じた波形を呈しており、(b)のグラフは濁水が発生すると暖色側にグラフが推移し、インジケータも暖色を表示した。本手法による解析は解析範囲における相対的な輝度・色相の変化を解析しているため、降雨による表流水発生時(2~3時間)のみを対象とした解析では流量や表流水の色彩変化にตอบสนองした解析結果となったが、移動する雲や風で揺れる樹木の明瞭な影が解析範囲に映り込むと、その影の動きに影響を受け、表流水発生時の波形よりも挙動が激しくなることが確認された。また、TLC のレンズ部を通過する水滴の動きでも同様の挙動を示すことがわかった。

図-4 に流路での水位変化を解析した結果を示す。日照のある時間帯の画像(図-4(a))に対して、人為的に水位を上昇させ、照明の作動状態を確認している時(日没後)に撮影された画像(図-4(b))で突出部の数が減少しており、夜間でも水位の変化を捉えることができた。ただし、照明によって白飛びが生じると、目盛線を検出できない画像もあった。なお、本研究では実施していないが、突出部の数を数値情報化し、水位変化を定量的に計測することも技術的には可能である。

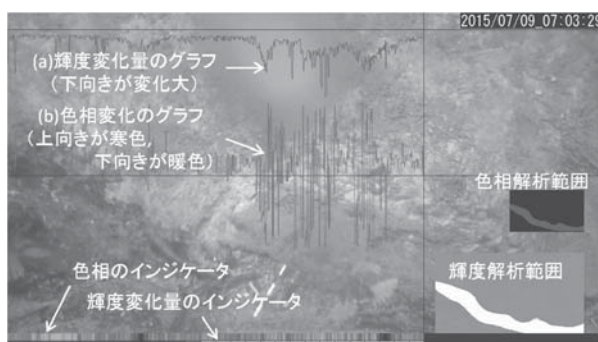


図-3 流下範囲・濁水の解析例

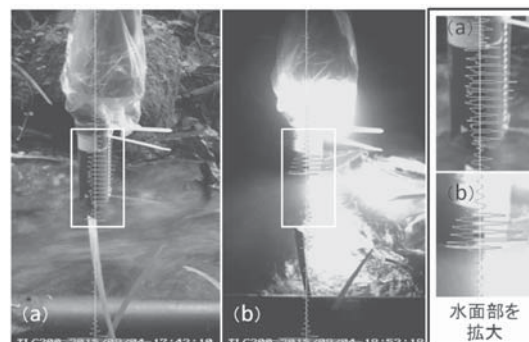


図-4 水深の解析例

4. 結論と課題

本研究で示した手法によって、山地溪流における水深・濁度計測のリスク・コストを低減し、可視情報と数値情報を同時に取得できる可能性が示された。課題としては、以下のような点が挙げられる。

- ①日陰や水滴の映り込みによるノイズ発生や照明による白飛びの改善
- ②日射条件による発色の差異・水面の反等が計測値に与える影響の分析
- ③画像解析による水位・濁度の定量的な計測の分解能に関する詳細な調査・実験・解析等の実施
- ④汎用的・実用な水位標・照明・色彩マーカ(基準となる色)の開発と撮影条件の整理

【参考文献】

- 1) 小川ら：非接触センサの連続観測による土砂動態モニタリングの可能性，砂防学会誌，Vol.61，No.6，p.27-30，2009
- 2) Alvy Ray Smith：Color gamut transform pairs，Proc. of SIGGRAPH '78，p.12-19，1978