

画像解析技術を活用した「土石流検知システム」の検討

いであ株式会社 ○望月優生, 小藪剛史, 鄧朝暉, 久保山敬介, 樋田祥久, 越智尊晴
日野川河川事務所 田邊顕彦

1. はじめに

日野川河川事務所においては、既に画像処理により土石流を検知する非接触型の画像差分法による「画像検知システム」が約10年前から導入されているが、システムの誤検知が多発していた。

既存の「画像検知システム」では、カメラ画角内自動車通過することによる事象、降雨による雨粒がレンズに付着し映像が歪む事象、光の陰影による画面内の色変化による事象等さまざまな要因で誤検知が発生していた。このような背景から、誤検知を極力抑えて適切に土石流を検知する仕組みが求められていた。本検討では日野川河川事務所が管理する溪流内の砂防施設（大山砂防）において新たな画像解析手法による土石流検知システムの検討・開発状況について述べる。

2. 新たな土石流検知手法の検討

2.1 画像解析による検知手法の検討

大山砂防に設置されている砂防用CCTVカメラは3台あり、常時流水がない砂防堰堤を正面から撮影している。このため、本検討では、砂防堰堤に突発的に流下する土砂を瞬時に捉えることが可能な画像解析技術が適していると判断し、PIV*手法の適用を検討した。

※粒子画像流速測定法 (Particle Image Velocimetry)

PIV手法は流下する土砂移動を瞬時に捉えることを得意とする画像解析手法の一つである。

旧手法（画像差分法）では誤検知となった画像の事例をもとに、新たな手法である「PIV手法」によりリアルタイムに土石流検知が可能であるか検証を行った。

2.2 PIV手法による土石流検知の概要

2.2.1 PIV手法の原理

PIV手法は、時間経過に従って変化する画像の小領域から、一定時間後の移動量をパターンマッチングし流況を求める技術で、画像から流向・流速を求める流速解析手法の一つである。（図-1）

2.2.2 土石流検知の検知枠・計測グリッドの設定

本手法による検証では、画面内に検知枠（高さ12ピクセル×横12ピクセル）を複数個設定した。その検知枠内には、ピクセルをグループ化した縦6×横6の合計36個の計測点を設定した。（図-2）

2.2.3 土石流発生検知の判定条件の設定

土石流発生を検知する条件は、①計測点（グリッド）

の移動ピクセル数が2ピクセル以上であり、②計測グリッド36点の中で15点以上が下方向に連続してベクトルがカウントされたときの2つの条件を同時に満たす場合とした。これにより土石流発生時とそれ以外の傾向（平常時や雨等）を分類することが可能となった。（図-3）

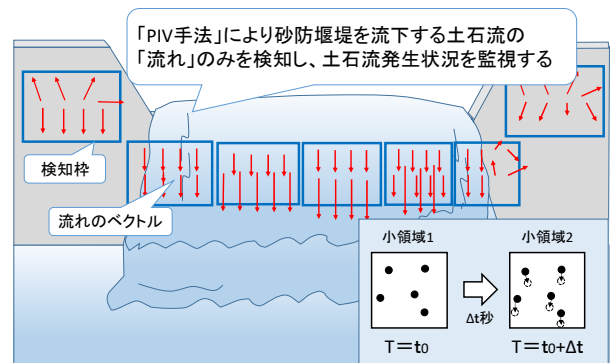


図-1 PIV手法による堰堤越流部の土石流検知イメージ

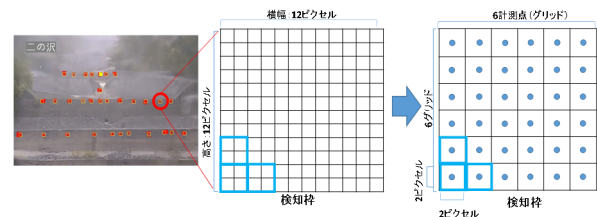


図-2 検知枠内のピクセルと計測点（グリッド）の設定

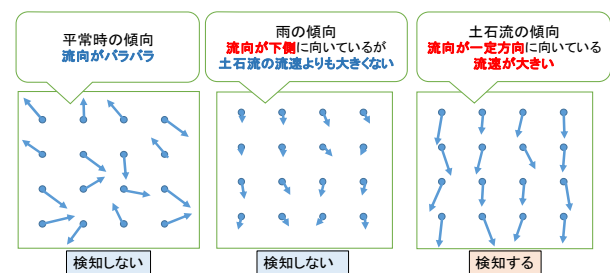


図-3 土石流発生による検知の有無の分類例

3. 新手法における土石流検知結果

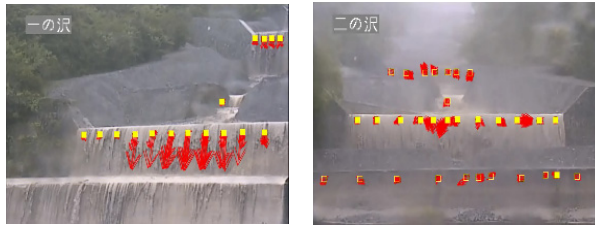
3.1 土石流検知の検証結果

「PIV手法」による検知状況について一の沢、二の沢、三の沢の過去の記録映像をもとに検証を行った結果、突発的に発生する土石流発生の瞬間を適切に検知できることを確認した。（図-4）

3.2 誤検知回避の検証結果

現行システムの「画像差分法」において誤検知の症状として発生していた現象は、映像内に人や自動車等の往

来が映る現象や、雨滴がレンズに付着し流れ落ちる際の現象、また日影の変化による映像内の色調の変化であった。新手法である「PIV手法」において同様の映像を利用して検知確認を実施した結果、誤検知が回避できることを確認した。(図-5)



一の沢における土石流発生検知 二の沢における土石流発生検知

図4 土石流発生の瞬間をPIV手法で検知した事例



三の沢カメラにおける誤検知を回避した映像事例

図5 誤検知を回避した事例

3.3 画像差分法とPIV手法による精度比較結果

既存手法の「画像差分法」と新手法の「PIV手法」による精度比較を行った結果、図-6に示すようにPIV手法を利用した場合では誤検知回数が大幅に減少した。

これまでの画像差分法では、カメラレンズに雨滴が付着し、雨滴が流れ落ちる状況で誤検知が多く発生していた。特に降雨時には輝度変化も大きくなるため、数分に一度誤検知が発生していた。

しかし、PIV手法ではレンズに雨滴が付着した状況の映像でも1時間40分の間では2回のみ誤検知精度へ改善することができた。なおこの単発の誤検知はシステム側で連続した検知のみを土石流として判断するものとして棄却処理を行うことで誤検知を回避する対策とした。

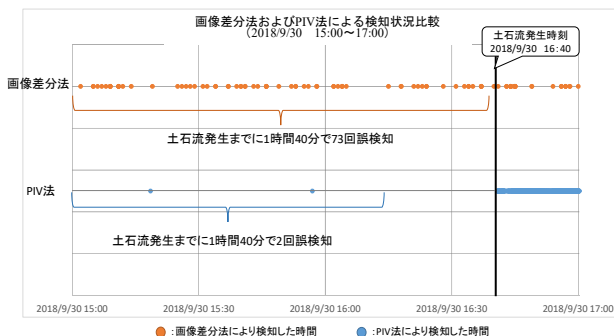


図6 画像差分法とPIV手法の検知状況の比較結果

3.4 今後の画像解析における改善策

夜間における映像では、霧が発生した状況や夜間照明によるハレーション発生等、様々な外的要因により誤検知も見られている。

この対策には、「画像鮮明化処理」等による画像品質の向上策や、誤検知回避処理を行う等の対策を組み合わせることで、誤検知率をさらに抑えることができると考えている。

また取得画像の特徴を数値化して検知枠内の画像の色調の傾向から閾値を設定することで、土石流が発生しているのか、または霧や雨滴、照明のハレーションの影響かどうかを判断する仕組みを取り入れている。(図-7)

このようにPIV手法に加えて誤検知対策を進めており今後、夜間や荒天時においても適切な判別ができるものとしている。

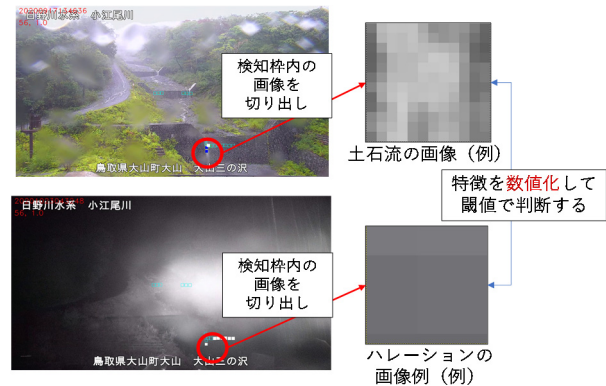


図7 検知枠内の画像の色調傾向の数値化のイメージ例

4. まとめと今後の展開

本検討では、日野川河川事務所管内の大山砂防施設(一の沢、二の沢、三の沢)における土石流発生検知を画像解析手法の一つである「PIV手法」を利用することで、誤検知率を抑え確実に土石流発生を検知できることが検証結果より明らかになった。

また画像の特徴を数値化して、土石流が発生しているか、または霧・雨滴・ハレーション等の影響であるかを判別する仕組みを導入した。

これまでの検討結果をもとに「土石流検知システム」の整備を進めており、今後は土石流発生時の瞬間映像や土石流流下時の映像がさらに蓄積されることで、検知精度の向上・検証が進められていくものと期待している。

謝辞

本検討では、国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所より土石流発生時における過去映像のご提供および土石流発生検知の改善策等のご指導を頂いた。ここに記して謝意を表します。