

Point

毎年のように発生する土砂災害により、人命被害や家屋流失等が頻発しています。土砂災害による被害の軽減のためには、土石流の発生をいち早く検知することが重要です。本稿ではCCTV映像を活用した非接触で誤検知の少ない土石流検知アラートシステムを紹介します。

画像解析技術を活用した「土石流検知アラートシステム」

情報システム事業本部 情報システム事業部 防災情報システム部 望月 優生、小薮 剛史、鄧 朝暉、久保山 敬介、社会基盤本部 国土保全事業部 流域減災部 樋田 祥久、東北支店 河川水工部 越智 尊晴

※本報告は、国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所からの委託業務で実施した取り組みについてまとめたものです。

はじめに

土石流発生検知の技術として、接触型のワイヤーセンサーや、衝撃センサー、振動センサーが開発されています。しかし、ワイヤーセンサーは落石や動物等による切断・誤報の可能性があり、切断された場合は再度張り直す必要があります。また、衝撃センサーや振動センサーは、落石等で誤検知が発生しやすく、精度を上げるためにはセンサーを複数台設置する必要があります。

そこで当社は、画像解析技術を活用し、CCTVカメラ※1映像から非接触で安全かつ誤検知が少なく土石流の発生監視ができる「土石流検知アラートシステム」を開発しました。

※1 CCTVカメラ: Closed Circuit Television(閉回路テレビ)カメラ。ここでは国土交通省により河川管理用に設置されている監視カメラを指す。

土石流検知アラートシステムの概要

本システムは、CCTVカメラの映像を利用して突発的に流下する土石流を瞬時に捉え、土石流発生のアラートメールを関係者に送信することが可能です(図1)。また、画像を用いた非接触型センサーであるため、何度でも繰り返し検知できます。

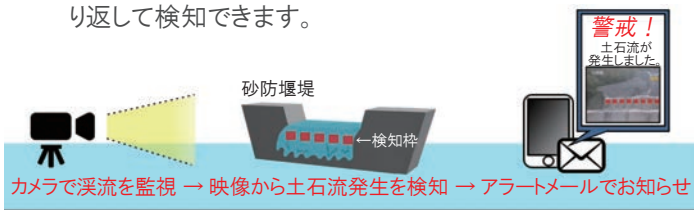


図1 土石流検知アラートシステムのイメージ

新たな土石流検知の仕組み

(1)PIV手法による土石流検知

本システムでは、粒子画像流速測定法(Particle Image Velocimetry: 以下、PIV手法)により土石流を検知します。PIV手法は、時間経過で変化する2枚の動画像から、画像の小領域内の粒子の移動量をパターンマッチングで求める技術で、主に川の流向・流速を求める技術として利用されています。このPIV手法を利用して、砂防堰堤の法面を突発的に流下する土石流の「流れ」を捉えることで、土石流を検知します(図2)。

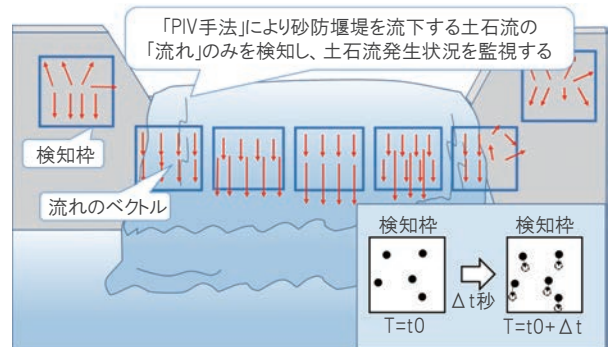


図2 PIV手法による砂防堰堤の土石流検知イメージ

(2)土石流検知の検知枠・計測点の設定

画面内に複数個の検知枠を設置します。設置した検知枠(縦12ピクセル×横12ピクセル)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、それぞれの計測点の流向・流速をPIV手法により解析します(図3)。

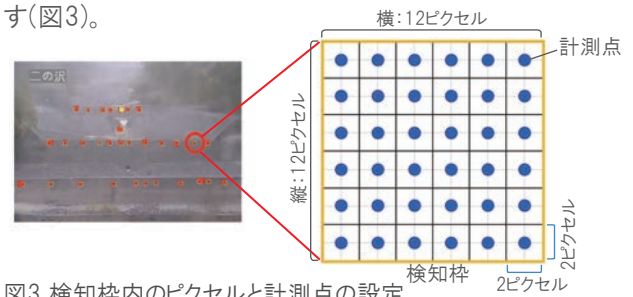


図3 検知枠内のピクセルと計測点の設定

(3)土石流発生検知の判定条件

土石流発生を検知する条件は「①計測点の流速が2ピクセル以上であること」「②計測点36個のうち、15個以上(約40%)が流下方向に移動していること」の2点です。上記2つの条件を同時に満たした場合、土石流と判断します(図4)。これにより土石流発生時と、それ以外(平時や雨等)を判別することが可能となります。

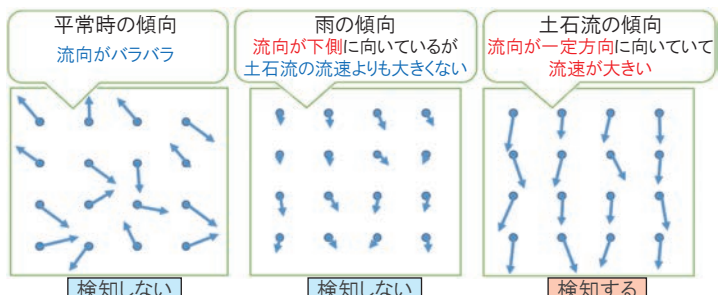


図4 土石流発生検知の判定条件例

PIV手法における土石流検知の検証結果

(1)土石流検知の検証結果

PIV手法による土石流検知について、土石流の発生映像をもとに検証を行い、突発的に発生する土石流を適切に検知すること(図5)、検知枠内を人や自動車等が通行することに対して、誤検知しないことを確認しました(図6)。

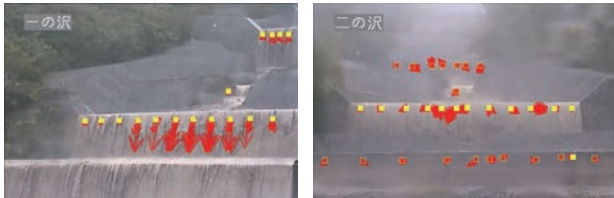


図5 土石流発生の瞬間をPIV手法で検知した事例



図6 人・自動車通行時の誤検知回避の事例

(2)画像差分法とPIV手法による精度検証結果

PIV手法による土石流の検知精度について、既存手法の画像差分法と比較検証を行いました。その結果、PIV手法を利用することで誤検知回数が大幅に減少していることを確認しました(図7)。

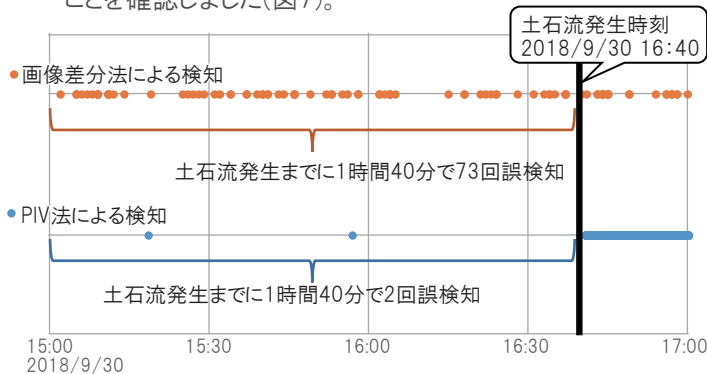


図7 画像差分法とPIV手法による検知状況の比較結果

既存手法である画像差分法では、人や車両の通過、降雨時にカメラレンズに付着する雨滴、光の陰影等の色調変化等のさまざまな要因により数分に一度の誤検知が発生していました。

一方、PIV手法では人や車両が検知枠内を通過しても誤検知せず、カメラレンズに雨滴が付着した状態の映像でも、1時間40分の間に2回しか誤検知が発生しませんでした。この誤検知については、雨滴がカメラレンズを流れ落ちることにより発生したことがわかっており、システム側で「連続した検知」のみを土石流と判断させることで、誤検知を回避する対策を行いました(図8)。

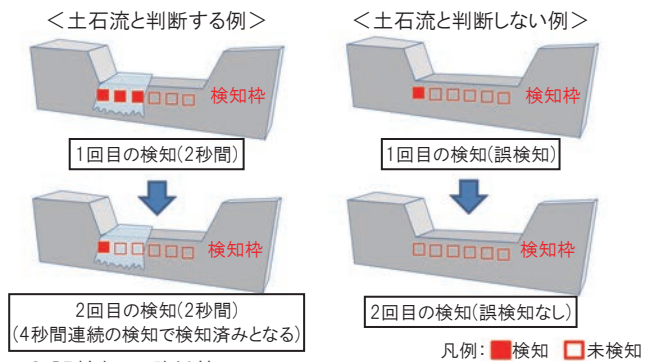


図8 誤検知回避対策

(3)PIV手法による検知精度の向上

誤検知の少ないPIV手法による土石流検知でも、霧の流れや夜間照明によるハレーション等、さまざまな要因により誤検知が発生することがあります。

これらの現象による誤検知対策として、検知枠内の画像の特徴量を数値化し、しきい値により判断することで、誤検知を回避する仕組みを取り入れました(図9)。今後、夜間や荒天時における土石流検知についても適切な判別ができると考えられます。



図9 画像特徴量の数値化による誤検知対策

おわりに

当社で開発したPIV手法による土石流検知技術は、「土石流検知アラートシステム(登録番号:QS-200028-A)」としてNETIS※2に登録されました。今後は、土石流発生時の映像を収集し、AIを用いた土石流検知の精度のさらなる向上について検討していく予定です。

※2 NETIS:新技術情報提供システム

謝辞

本システムの開発・精度検証にあたり、国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所より、土石流の映像のご提供およびご助言をいただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 永瀬ら(2020), 画像解析手法を活用した「土砂流検知システム」の検討, 第72回中国地方技術研究会
- 2) 望月ら(2021), 画像解析技術を利用した「土石流検知システム」の検討, 令和3年度(公社)砂防学会研究発表会