

輝度の変化に着目した CCTV 映像を活用した土砂移動検知手法の誤検知対策

株式会社エイト日本技術開発
株式会社ブレインズ
国土交通省国土技術政策総合研究所
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

○海原荘一・八木笙太
井深真治
金澤瑛・中谷洋明
北本楽・小杉恵・竹下航・山本悟司

1. はじめに

国土交通省では、台風時等の警戒体制時に現地状況を確認できるよう河川の要所や重要な対策施設、崩壊箇所等の災害現場において CCTV による監視が強化されている。また、その映像監視業務における人手不足や省力化、ヒューマンエラーの防止等を解消する有効な手段として、映像監視の自動監視が検討されてきた。土石流や崩壊といった顕著な土砂移動に対する今までの映像での自動監視手法としては、オプティカルフロー¹⁾やブロックマッチング²⁾、PIV (Particle Image Velocimetry)³⁾による方法が検討されているものの、計算負荷が大きいといった課題があった。1 台のサーバで多くの箇所の CCTV を対象とできる計算負荷の小さい方法として、柴田ら(2020)⁴⁾で時間軸方法の輝度差分法による方法が検討されている。また、木下ら(2022)⁵⁾では、実用性向上のための誤検知対策が進められており、本稿はそれ以降の継続的な誤検知対策の検討内容とその結果について報告するものである。

2. 輝度値差分値の変化による土砂移動検知方法の概要

CCTV 映像の輝度値の変化による土砂移動検知方法は、既存の土石流や斜面崩壊などの顕著な土砂移動時の映像では、元の映像の解像度を 1/4 に下げ、2fps (=0.5 秒間隔) での時間軸方向の輝度値が大きく変化することに着目したものであり、図-1 に示すプロセスで輝度差分値を求め、閾値を前述の既存の映像等から設定して土砂移動検知を行うものである。

紀伊山系砂防事務所の赤谷地区の崩壊斜面監視用の

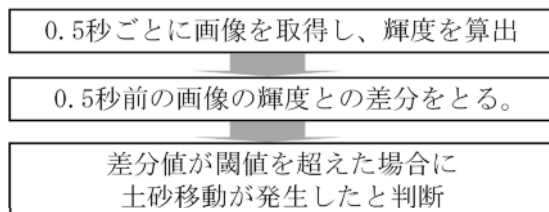


図-1 輝度の差分による崩壊・土石流の検知方法

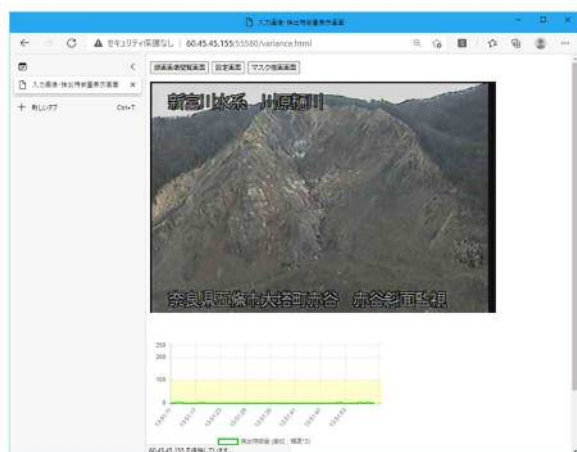


図-2 土砂移動検知装置の画面

CCTV を対象とし(図-2)、土砂移動検知装置を製作・試行しており⁴⁾継続的な誤検知対策に取り組んでいる。

3. 土砂移動検知装置の誤検知の対策の経緯

土砂移動検知装置の設置後、2021 年 4 月 1 日～6 月 30 日までの 91 日間の誤検知の原因はワイパーの動作や虫の飛来、太陽光の入射などが多くを占めており、平均的には 27.5 件/日の頻度で誤検知が生じていた⁵⁾。

ワイパーの動作等の短時間の映像の変化による誤検知対策として、より長い時間の差分をとることによって対処するため、32 フレーム (約 1 秒) × N を 1 つのユニットとした平均輝度値の差分値をとることとし、前述の既存の崩壊や土石流の映像と誤検知発生時の映像を基に N=8、輝度差分値の閾値を 50 と設定した。

太陽光の入射時による誤検知の映像では、山頂の一部の範囲から強い日光が差し込み、CCTV カメラの AGC (自動ゲイン制御機能) により、斜面部分は崩壊が発生しても検知できないほど暗くなっていることから検知の対象外とした。具体的には日光照射の部分の輝度値は 220~230 程度の値であったことから、220 を超える輝度値のピクセル数が 100 程度となっている場合に検知対象外とすることとした⁵⁾。また、崩壊斜面と CCTV との距離は 1km 程度と遠く、照明が崩壊斜面を照射できないため、夜間は崩壊斜面がほとんど見えないことから検知の対象外とした。

上記の誤検知対策を行った後の 42 日間の試行結果、雲の影の移動による誤検知が約 8 割を占めていた。その対策として、日光の照射を受けた崩壊斜面は、斜面内の裸地の表面の細かい凹凸の地形が映し出されていることに着目し、映像を白黒 2 値化して、島状の白と黒のまとまった範囲の平均面積が小さい場合は斜面の凹凸が表現されているものとし、閾値を設定して 2022 年 3 月 2 日～3 月 17 日の 16 日間で試行した。雲の影の移動がすべて除外できるわけではないが、平均として誤検知数は 0.94 件/日まで削減することができた⁵⁾。

4. 雲の影の移動による誤検知対策と閾値の設定

4.1 誤検知の状況

土砂移動検知装置を熊野地区にも追加し、2022 年の出水期に試行したところ、赤谷地区で約 6 割 (表-1)、熊野地区で約 8 割 (表-2) が雲の影の移動を占めており、特に熊野地区では頻度が高い結果であり、閾値の調整で誤検知を判定することが困難であったため、前述の方法とは異なる誤検知対策を講じることとした。

表-1 2022/6/1~10/31 における検知状況 (赤谷地区)

誤検知の原因	ワイパー	雨滴	雲の影の移動	画像異常	太陽光の入射	霧	不明	合計
検知数	1	0	369	155	4	133	2	646
日当たり	0.00	0	2.41	1.01	0.03	0.74	0.01	4.22
比率(%)	0.16	0.00	57.21	24.3	0.62	17.52	0.31	100.0

表-2 2022/7/27~9/15 における検知状況 (熊野地区)

誤検知の原因	雨滴	雲の影の移動	画像異常	全体のコントラスト変化	不明	霧	合計
検知数	2	1,500	15	196	11	68	1,792
日当たり	0.02	15.46	0.16	2.02	0.11	0.70	18.47
比率(%)	0.11	83.71	0.84	10.94	0.61	3.79	100.0

4.2 テンプレートマッチングによる雲の影の移動に対する誤検知対策

雲の影が移動している検知前後の 2 つの映像において、雲の影となっている場合と日光の照射を受けている場合、全体のコントラストは異なるものの、相関性の高い色の濃淡の傾向を示すものと考えられる。一方、崩壊が生じた場合は、元の映像とコントラストが異なるもしくは、斜面自体が動いて、下方に移動すると想定される。その検知前後のコントラストの類似性を指標化するため、テンプレートマッチングを利用することとした。具体的には図-3 に示すように、検知前後の映像を使って、7×7pixel の範囲に対し、その上下左右

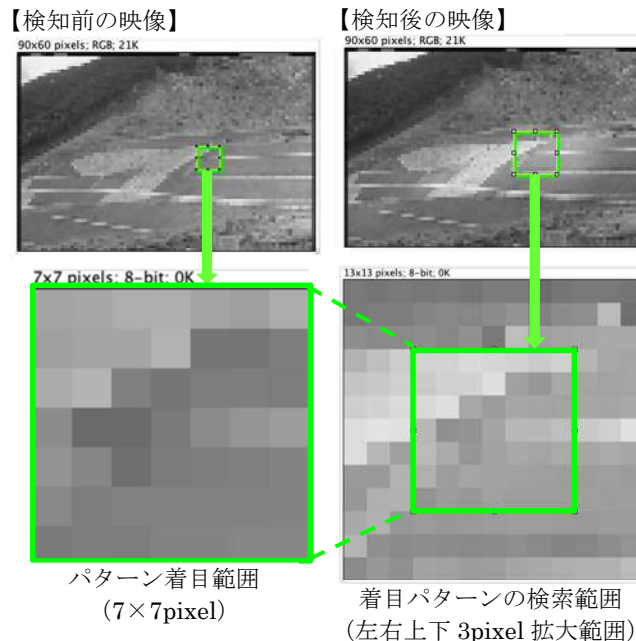


図-3 着目範囲と検索範囲の関係



図-4 正規化相関係数のイメージ



図-5 熊野地区のオプティカルフロー特徴を確認するための現地での試行(左)と簡易的な方法で作成した映像(右)

に 3×3pixel 拡大した範囲について、図-3 に示すように、1pixel ずつ移動させながら、7×7pixel の範囲内の正規化相関係数を求め、最も値の大きな位置を求める。これを図-4 に示すように映像全体について解析し、その移動ベクトルの総和を特徴量（これをオプティカルフロー特徴量（以下「OF 特徴量」）という）として取り扱い、閾値を設定して誤検知を判定することとした。

4.3 閾値の設定と誤検知削減効果

赤谷地区と熊野地区の 2 箇所での試行を行った結果、映像の解像度が異なるため、両地区で、輝度差分値による検知時における OF 特徴量は値が大きく異なることが明らかとなった。赤谷地区については、再崩壊の映像があり、その映像から閾値を設定したが、熊野地区については過去の崩壊時の映像がないことから、図-5 に示すように、現地の CCTV の前で映像を動かす方法と、簡易的に作成した斜面崩壊の映像の 2 つの方法で、土砂移動時の OF 特徴量を確認した。

現地での試行での OF 特徴量は概ね 1.0×10^4 以上、簡易的に作成した映像での OF 特徴量は、最低でも 2.0×10^4 以上となっていた。前頁の表-2 に示した熊野地区の出水期の検知状況から判断すると、閾値を 1.0×10^4 とした場合、雲の影の移動の誤検知の 87%削減することができ、検知数は現在の 15.46 件/日を 2.01 件/日にすることができる。また、閾値を 2.0×10^4 とした場合は、誤検知の 97%を削減することができ、検知数は現在の 15.46 件/日を 0.46 件まで低減することができる。

5. おわりに

CCTV の映像を用いた輝度差分値による崩壊などの顕著な土砂移動の検知において、頻度の高い雲の影の移動の誤検知削減方法と閾値を求める方法を試行し、誤検知を 1 日あたり平均で 1～2 件程度まで抑えることが可能となった。なお、このテンプレートマッチングによる判定は、常時動作するものでなく、輝度差分値の変化での検知後に行うため、計算負荷をそれほど大きくするものではない。これらの誤検知のほとんどは、晴天時に生じるものであるが、今後は気象条件等で更なる絞り込みによる実用性の向上を図りたい。

参考文献

- 1) 福井健太郎・尾崎順一・野村恭悟・大熊敏明・地頭園隆：画像解析による土砂移動検知システム，平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.B-338-339，2016
- 2) 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.A-290-291，2016
- 3) 柳原幸希・寺田秀樹・近藤浩一・小野田敏・高山陶子・大鋸朋生：粒子画像流速測定法（PIV）を用いた崩壊の動画画像解析，砂防学会誌，Vol.59，No.1，pp.33-38，2004
- 4) 柴田俊・小竹利明・山田拓・木下篤彦・中谷洋明・金澤瑛・海原荘一・井深真治：輝度の差分映像による斜面崩壊・土石流の検知と降雨・夜間の監視映像の鮮明化，第 10 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.79～84，2020
- 5) 木下篤彦・北本楽・中谷洋明・金澤瑛：土砂移動に伴う輝度変化を活用した画像検知手法の取り組み，土木技術資料，令和 4 年 8 月号，pp.16-21，2022