

監視カメラの画像判読技術を用いた土石流の監視に関する検討

国土交通省六甲砂防事務所 木下篤彦

日本工営株式会社 ○石井秀樹・森島成昭・松岡暁・川又憲二・濱中拓郎

1. はじめに

土石流災害に対する警戒避難システムの一環として、土石流検知センサーの開発・設置が進められている。土石流検知センサーは、検知の確実性は高いが、連続検知や面的な検知ができないなどの短所がある接触型と、連続検知が可能であるが、ノイズや障害物による検知精度の低下に問題がある非接触型に大別され、近年では検知精度が高められている非接触型が注目されつつある。非接触型に位置づけられる監視カメラのシステム導入は、画像処理の自動化によって観測範囲の拡大や連続検知が可能となり、監視員の負荷軽減効果が期待できる。また、監視カメラは、他の土石流センサーと比較して、土石流発生後も再設置する必要がなく、保守が容易などの利点も挙げられる。

六甲砂防管内では既に多くの監視カメラが設置されており、画像判読技術を用いた土石流や洪水の検知精度が実用に耐え得るものとなれば、防災監視や警戒避難の面で非常に有用なものとなる。また、平成 20 年 7 月の都賀川での鉄砲水災害時のように、突発的な水位の上昇に対しても監視の対象を拡げることが望まれるところである。

このような背景により、本研究は CCTV 画像の解析による土石流及び出水の自動検知の可能性を検討したものである。土石流については、全国で収録された土石流映像を活用して土石流発生 の判定に必要な閾値の検討を行い、六甲砂防管内の監視カメラにおいて、土石流判定の閾値を提案した。出水については、H22 年度の出水期間中にリアルタイム解析の試行運用により、自動検知の可能性を確認するとともに、今後の精度向上に向けた課題を把握した。

2. 既往の土石流画像解析による閾値検討

2-1 土石流映像の収集整理

土石流の発生が確認されている土石流映像を収集し、①固定カメラでズーム・パン・ティルト操作をしていないこと、②天候や日照・照明の条件が良く、土砂移動状況がある程度確認できることなどを要件として、35 事例の土石流映像を画像解析の対象として抽出した。

なお、監視カメラの設置状況や土石流の種類、規模を分類整理した。

2-2 土石流検知システムによる動態認識の時系列的変化

画像で動態範囲を自動認識する方法として、これまでいくつかのシステムが開発されているが、既往の実証試験（2006）の結果を参考に、誤検知の少ない「動画パターン検出方式」による検知システム（X-System DFx : (株)アラソフトウェア製）を採用した。動画パターン方式とは、画像の各ピクセルの変化をグループ化し 1 つの物体として認識し、その移動量と方向から物体が移動したかどうかを判断する画像解析方法である。（図 1）本システムでは、映像の流れを検知すると画面に「動態範囲」が楕円で描かれる。（図 2）この楕円の面積を「検知面積」と定義した。従来の研究では、「動態検知」についての精度に関する検討がなされているが、ここでは動態認識エリア（検知面積）の変化に着目して、選定した土石流映像の検知面積の変化を図 4 のように時系列的に整理した。

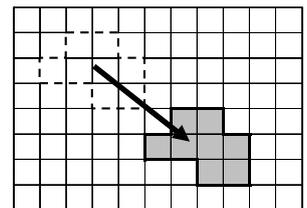


図 1 動態認識の概念
(動画パターン方式)

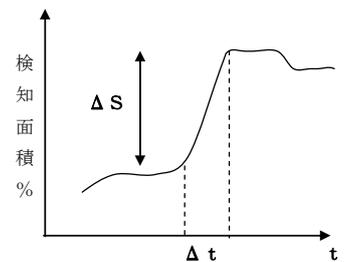


図 3 検知面積変化率



図 2 動態認識エリア
(楕円が検知範囲を示す)

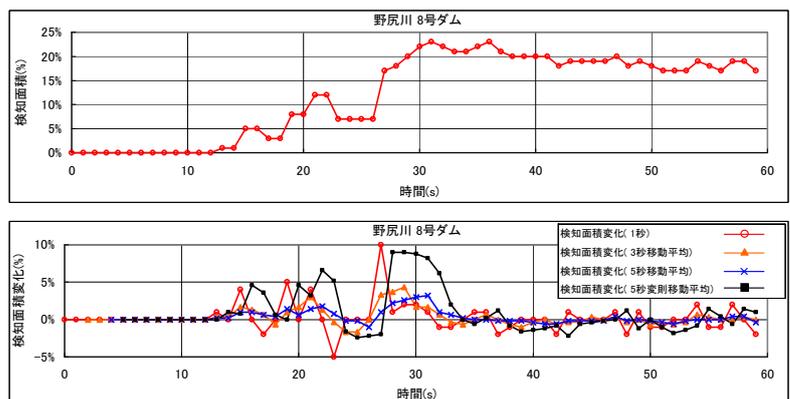


図 4 検知面積の変化（桜島野尻川の事例）

2-3 土石流発生検知の閾値検討

画像処理による土石流判定に必要な閾値を予め設定しておくことは、非常に重要な要素である。本研究では、前述の検知面積の変化に着目し、検知面積の上昇率がどのような条件に左右されるのか検討した。画像は2次元の平面であるため、実際の監視カメラと河道との監視距離によって、画角内に占める流下エリア（図4）が大きく関与している。このため、画角内の想定流下エリアの大きさが検知面積の変化にも影響を与えるものと考えた。なお、固定カメラの視認角度やカメラの設置高さなどの設置条件では、土石流タイプ（砂礫型、泥流型）検知に対する影響はとくに認められなかった。

以上のような検討を踏まえ、画角内の流下エリアに対する検知面積の変化率を検知判断の指標とする方法を提案した。図5は今回解析した35映像のうち、小規模な段波を除いた土石流映像について、流下エリアと最大検知面積変化をプロットしたものである。画角内の流下エリア（%）が大きいほど、最大検知面積変化も大きい傾向が認められる。検知面積の変化は、1秒ごとに前3秒間の移動平均をもとに算定した。図中の閾値ラインは、監視距離が長いなど不明瞭な土石流映像（No.1,15,125）を除いて設定したものである。

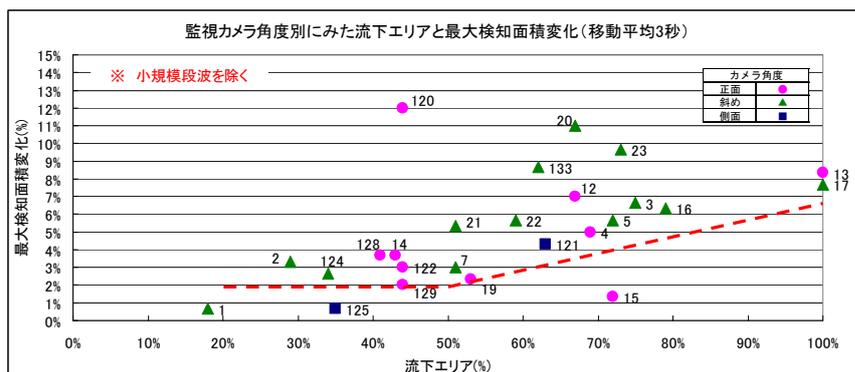


図5 流下エリアー最大検知面積変化の関係



図4 画角内の流下エリア

以上のように、既往の土石流映像閾値設定においては、画角内流下エリアの大きさと最大検知面積変化の関係が、指標として有効となることがわかった。この結果を踏まえ、今回六甲砂防事務所では実証試験の対象とした監視カメラの条件（流下エリア面積）に応じ、検知面積変化率を指標とした土石流検知の閾値（%）を提案した。

3. 実環境での洪水検知の試行運用

平成22年度の出水期間を対象に、前項検討に適用したシステムの実環境における試行運用（6/21～9/14）を実施した。試行運用にあたっては、六甲砂防事務所では運用中のCCTVカメラ（全46箇所）の中から4箇所のカメラを選定し、事務所の体制判断基準相当の降雨（連続90mm）時において発生する現象（堰堤越流、水位上昇等）の検知の可能性を検証した。

その結果、カメラ画角内で出水現象が特徴的に映像として現れる部分に画像解析範囲を絞り込むことにより、堰堤の越流開始や流路における水位上昇を動体として検知可能であること、夜間監視においてはCCTVカメラに付帯する投光機より施設全体を照らす街灯が効果的であること等が明らかとなり、映像による土石流及び洪水の自動検知の可能性が示唆された。

4. おわりに

画像解析による土石流検知システムの閾値の検討と、実環境での試行運用を実施した。その結果、閾値設定について下記に示す知見を得るとともに、洪水検知と併せた自動検知への適用可能性が示唆された。

- ・既存の監視カメラで土石流検知を計画する際には、画角の流下エリアが50%以上になっているものを選定することが望ましい。新設の際には、画角の設定に注意する必要がある。
- ・閾値設定の指標として検知面積変化率を提示したが、現場の流況に応じて補正することが必要である。また、継続的な出水事例の蓄積・検証を実施し、閾値の精度向上を図ることが必要である。
- ・システム機能としては、検知精度のより精緻な評価検証のため、動態認識エリア（図2の楕円）の精度向上と表示方法の改善（メッシュ表示方式の採用等）が必要である。

最後に、(株)NTT西日本に試行運用システムの導入面でご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

5. 参考文献

- ・山田他(1998) 土石流災害防止のためのセンサー開発の現状と今後の課題、砂防学会誌, vol. 50, No. 5
- ・本田他(2006) 映像解析手法を用いた土石流検知システムの現地実証試験、砂防学会研究発表会概要集