

## 画像解析による土砂移動検知システム

砂防エンジニアリング株式会社 ○福井 健太郎、尾崎 順一  
株式会社日水コン 野村 恭悟  
五大開発株式会社 大熊 俊明  
鹿児島大学 地頭 隆

### 1. はじめに

土砂災害検知システムとして、現在、ワイヤーセンサー、振動センサー、画像監視等があるが、これらのシステムは設置やメンテナンスにコスト・時間がかかるうえ、誤作動や連続検知への対応といった課題がある。一方で、平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害など、同時多発の土砂災害発生傾向が高くなってきており、多くの土砂災害危険箇所への対応が求められている。そのため、災害対応初動に資する災害発生の早期把握を目的とし、設置やメンテナンスが簡易で連続検知が可能かつ安価な土砂災害検知システムの開発が急務となっている。

本研究では、市販のカメラモジュールで撮影した動画から土砂移動が検知可能な解析ソフトを開発し、非接触で連続監視が可能な簡易な土砂移動検知システムの構築を目的としている。本報告では、このうち、画像解析ソフトおよび解析結果について報告する。

### 2. システムの開発方針と概要

#### 2.1 システムの開発方針

砂防領域での制約として、①電源、②通信環境が挙げられる。この制約を踏まえて本システムの開発方針は、①に対してソーラーパネル+バッテリーの小規模電源としたうえで、消費電力の少ない市販の小型カメラモジュールとPCモジュールで構成されるハードを開発する、②に対して現地に設置する観測機器の中に含まれるPCモジュールにインストールした画像解析ソフト(本報告事項)により、土砂移動をリアルタイムで監視し、土砂移動を検知したときのみ、現場画像等のデータをサーバーに送信することを開発方針とした。

#### 2.2 概要

本システムは、現地に設置する観測機器とデータ管理を行うサーバーから構成される。観測機器は電源(ソーラーパネル、バッテリー)、カメラモジュール、画像解析ソフトがインストールされた小型PC、通信装置から構成される。サーバーは、画像保存や異常時の管理者への通報システムで構成される。



図1 土砂災害検知システム概要

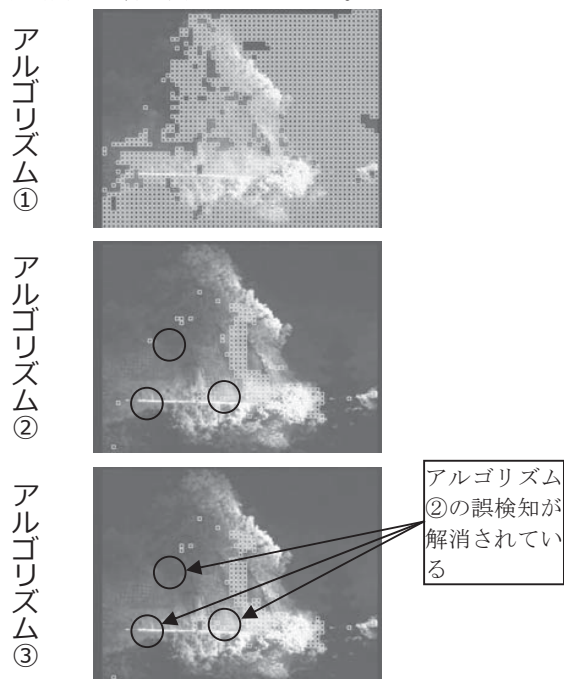
### 3. 画像解析ソフト

#### 3.1 アルゴリズムの比較検討

本システムの画像解析ソフトのアルゴリズムは、土砂移動の誤検知を最小とすることを優先した。そこで、以下の①～③のアルゴリズムを考え、それらによる解析結果を定量的に比較検討した。なお、最適な解析パラメータが不明なため、パラメータスイープにより乱数で変化させたパラメータを用いて計算を行った上で、手作業で用意した正解の画像に対して、計算結果を比較することにより定量的な評価を行った。

- ・ ①：フレーム画像間の濃度差分に基づき、フレーム画像の特定の場所の変化の有無を検知するアルゴリズム
- ・ ②：フレーム画像間の色比較により、フレーム画像の特定の場所の移動量を検知するアルゴリズム
- ・ ③：①、②を組み合わせたアルゴリズム

図2は平成18年東横山地すべりの撮影動画に対してアルゴリズム毎の解析結果から変化箇所を四角枠で示したものである。アルゴリズム①はフレーム画像のほぼ全範囲を変化ありとしている。これはフレーム間の僅かな照明の変化等によるものと考えられる。アルゴリズム②、③は良好な解析結果を示したが、アルゴリズム③では、色の変化のない部分の誤検知が解消されており、検知精度が最も高くなっている。



(国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所 HP 公開の動画)

図2 アルゴリズム毎の検知結果比較

### 3.2 本システムのアルゴリズム

アルゴリズム①～③の比較検討の結果、本システムでは、フレーム画像間の濃度差分と色比較を組み合わせたオプティカルフローから土砂移動の有無を検知するアルゴリズム（図3）を採用した。

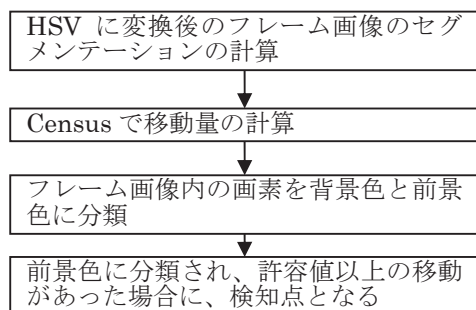


図3 土砂災害検知システムアルゴリズムのフロー

### 4. 本システムによる解析例

現地試験実施前の段階であるため、web上に公開されている動画を対象に解析を試行した。図4に示す解析結果は、画像解析ソフトで、動画を4秒間隔で解析し、土砂移動を検知したタイミングの画像を示したものである。（変化を見やすくするために4秒間隔の検知結果画像を20秒ごとに縦に並べて示した）。フレーム画像中の点は、フレーム画像間の濃度差分に基づいて一定量の変化があった箇所を検知したものであり、斜面崩壊範囲とその他の領域が含まれていることがわかる。黒線はフレーム画像間の色比較により、検知した土砂移動を移動ベクトルで示したものである。四角の枠は、点と黒線の両方が示された箇所を示したものである。

平成18年の東横山地すべりの撮影動画および平成11年の滑川の土石流の撮影動画のいずれに対しても、2つの検知手法を組み合わせることで、精度の高い土砂の移動検知に成功している。

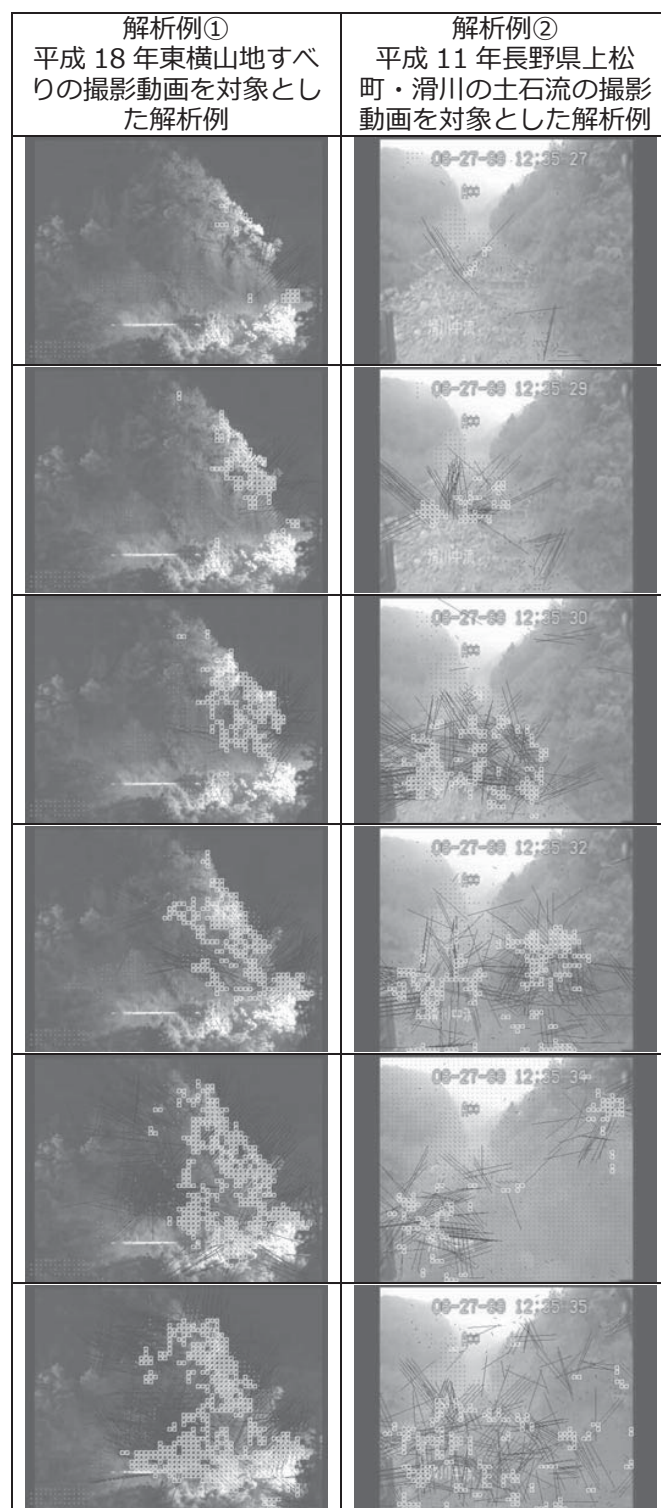
### 5. まとめ

本システムでは、色の変化の検知と移動量の検知を組み合わせたアルゴリズムを採用することにより、精度の高い土砂移動検知が可能となっている。しかし、まだ完全ではなく、例えば朝日や夕日による急激な光量変化と流水等の動きが組み合わせると多数の誤検知が出る、或いは、夜間や雨天時の雨粒による誤検知があるなどのソフト面での課題がある。

今後は現地試験によりシステムの実用化に向けた検証を行うとともに、ソフト面での課題に対して、現場ごとにDeep Learningで誤検知のパターンを学習させ、誤検知を減らす手法等を組み込むことにより検知の精度向上を目指す。

#### 参考文献

- 1) PatchMatch: A Randomized Correspondence Algorithm for Structural Image Editing C. Barnes et al. 2009.
- 2) Feature Extraction & Image Processing for Computer Vision, Third Edition, Mark Nixon, 2012



（左：国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所HP公開の動画、右：NPO法人 土砂災害防止広報センターHP公開の動画）

図4 本システムによる解析例