

動画からの水位・流速の計測ソフトの開発と検証

○荒木光一 山森一彦（五大開発株式会社）

田方智 伊藤隆郭 古木宏和 倉上健（日本工営株式会社）

1 はじめに

土石流の流速は、非接触型流速計や動画からの人手による確認で計測されている[1]。しかしながら、非接触型流速計は大掛かりな設備と設置が必要であり、人手による確認は多くの時間と多大な労力を要する。

本研究では、流速や最大値といった時系列データの取得を容易化することを目的とし、土石流の動画から最大流速を自動で計測する手法を開発し、検証を行う。また、本手法を応用した水位計測に関しても紹介する。

2 最大流速の計測手法

2.1 適用条件と事前調査

本手法は、画像処理のアフィン変換と動体検知のオプティカルフローによって、動画内で事前に設定した計測エリア内の最大流速を計測する。本手法を用いるための条件と事前調査を以下に示す。

- ・連続的な動きのある波の映り込みが必須。オプティカルフローは、動画内の連続的な動きに対して、フレーム画像毎に移動方向と移動速度を検知する。そのため、連続的に動く波が映っていないと、波を検知できず、最大流速を計測できない。つまり、本手法は動画に映る波の連続的な動きから最大流速を計測する。
- ・計測エリアの実寸確認。オプティカルフローから出力される波の移動速度の単位は pixel/frame であるため、流速の m/sec へ換算するために各ピクセルの実寸を確認する必要がある。
- ・カメラの画角固定とズームの無効化。撮影中に画角の変更やズームイン・ズームアウトを行った場合、各ピクセルの実寸がずれて、移動速度に悪影響を与える。

2.2 処理フロー

図1に、本手法の処理フローを示す。まず、土石流の動画を元に、ユーザは計測エリアの角を4点設定する。また、計測エリアのピクセル数を考慮して、計測点を格子状に等間隔で設定する。

次に、アフィン変換で、計測エリアを四角形に変換する(図2)。これは、カメラから遠いほど、計測エリア内に映る波の移動速度は実際より低くなるため、計測エリアを実寸に合わせて、画像の歪みを補正する。オプティカルフローの実行では、アフィン変換した計測エリアの計測点毎に、移動方向と移動速度を取得する。

オプティカルフローから出力された波の移動速度はノイズを含む。そこで、計測点毎に過去と現在の移動速

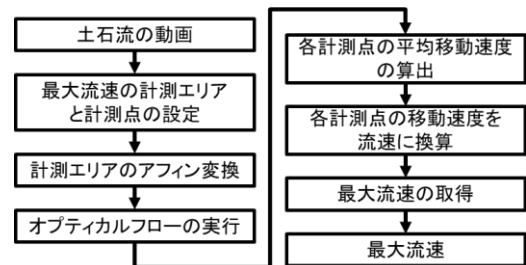


図1 最大流速の計測手法の処理フロー

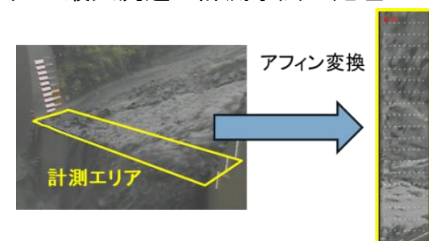


図2 計測エリアのアフィン変換

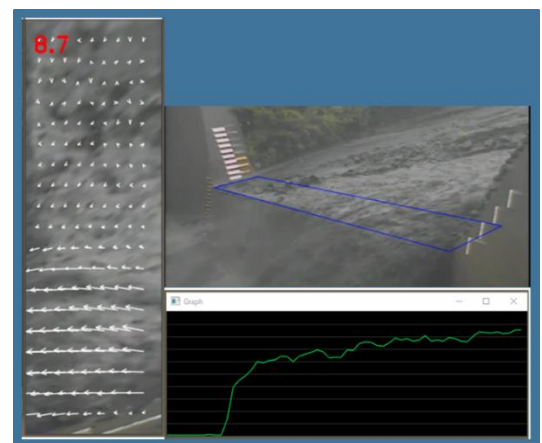


図3 ソフトウェアの画面

度から平均移動速度を算出し、この平均移動速度を現在のフレームにおける各計測点の移動速度とする。そして、土石流の動画の fps を参照して、計測点毎に移動速度 (pixel/frame) を流速 (m/sec) に変換する。最大流速の取得では、現在のフレームにおける全計測点の流速から最大流速を取得して出力する。

2.3 ソフトウェア実装

本手法は C++ と OpenCV で実装した。図3に、実装したソフトウェアの画面を示す。左側のウィンドウは、測定エリアにおける各計測点の移動方向と流速を矢印で示している。右下のウィンドウは最大流速の推移グラフを示す。推移グラフと計測点の矢印は、高性能 PC であれば、本手法をリアルタイムで処理でき、動画を再生しながら表示できることを確認している。

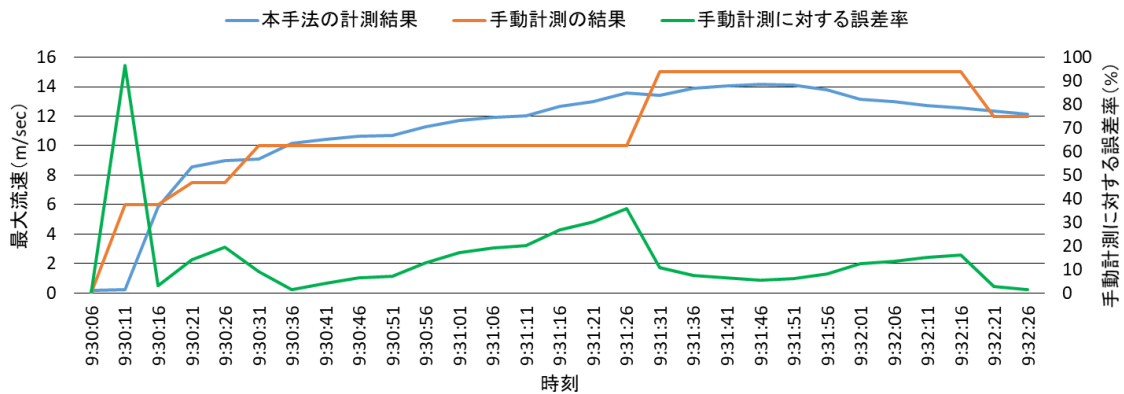


図4 本手法の計測と手動計測の比較

本実装では、最大流速を CSV 出力できる。最大流速はフレーム毎に出力されるため、動画の fps が高い場合、無駄に細かい時間間隔で最大流速を CSV に出力してしまう。そのため、本実装では、出力する時間間隔を指定し、この間隔内の最大流速を平均した値を最大流速として CSV に出力する。

3 検証

本手法の検証には、砂防堰堤を下流から眺める CCTV カメラで撮影した土石流の動画を用いた。表 1 に、事前調査の結果と本手法のパラメータを示す。

3.1 土石流の移動方向

土石流の移動方向を示す計測点の矢印の方向は、動画を再生して確認したところ、概ね一致していた。図 3 で示すように、土石流が流れている箇所は矢印が下流方向に伸びている。一方で、流れていない箇所は矢印が伸びておらず、点のようになっている。

3.2 最大流速の精度検証

手動計測との比較により、本手法の計測精度を検証した。手動計測は、動画に映る土石流全体から 10 秒単位で判読して、最大流速を計測した。図 4 に、本手法と手動の計測結果を示す。図中の誤差率は、各時刻において以下の式で算出した。

$$\text{誤差率}(\%) = \frac{\text{abs}(\text{本手法の計測結果} - \text{手動計測の結果})}{\text{手動計測の結果}} \times 100$$

ここで、abs は絶対値をとる関数である。

本手法で計測した最大流速の時間発展は、手動計測と概ね一致している。本手法では 0.1m/sec オーダーで最大流速を CSV 出力しているため、手動計測より滑らかに最大流速を捉えている。特に、9:30:31~9:31:31 において、手動計測では 10m/sec から 15m/sec へ離散的に変化しているが、本手法では連続的で滑らかになった。

土石流発生初期 (9:30:11) における誤差率は約 96% となり、非常に高くなった。これは、CSV 出力の時間間隔を 5 秒としたことで、最初の最大流速を出力するまでにタイムラグが発生したためである。9:30:12 以降の誤差率は最大で 36% となり、平均で 12% となった。

表 1 事前調査の結果と本手法のパラメータ

動画の fps	30fps
計測エリアの長辺と短辺の実寸	20.5m×4.0m
計測点の格子サイズ	10×20
各計測点の平均移動量の算出時に参照する過去のフレーム数	10 フレーム (約 0.3 秒)
CSV に出力する時間間隔	5 秒



図 5 水位計測画面 (青枠:計測エリア 赤線:水位)

4 水位の計測手法

設定した計測エリアをアフィン変換で補正し、オプティカルフローにより計測エリアで横方向に動く波を検知する。計測エリア内で検知したピクセルベースの高さから実寸に換算して水位を取得する。図 5 は水位計測画面であり、青枠の下辺と赤線の間が水位となる。

5 まとめ

本研究では、土石流の動画から流速の時系列と最大値を自動で計測する手法を開発した。検証の結果、本手法は手動計測と同等の計測精度であったため、本手法を用いることで省力化に寄与できる。また、オプティカルフローを用いたことで、土石流の移動方向と移動速度を視覚に確認できるようになった。また、本手法を応用することで、水位計測も可能であることを示した。

今後は、本手法が対応可能な動画の fps の確認やリアルタイム撮影時への適用などを行う予定である。

参考文献

[1] 田方智：土石流荷重計による土石流観測，砂防学会誌，Vol.74，No.2，p.39-43，2021