

## CCTV カメラ画像データを利用した水位・流速計測手法の検討

国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所 光永健男, 守谷武史, 大浦二郎  
 国際航業株式会社 原口勝則, 岩波英行, 本間信一, 横田諭, 〇佐藤匠, 虫明成生, 本田謙一

### 1. 目的

大規模土砂災害等に対応した危機管理機能の向上を図る流域監視システムの一環として、管内に設置されている CCTV カメラの画像データを利用して、既存の画像解析手法やデジタル画像の統計処理手法の応用による水位及び流速を計測する手法の検討を行った。また、検討した手法をコンピュータ上で処理するためのプログラムを作成し、プログラムによる水位・流速の計測手法や運用など現段階で考えられる課題について整理した結果について報告する。

### 2. 解析手法の検討

既往文献調査により、画像解析による水位・流速算出手法を整理・検討した結果を以下に示す。

#### ① 水位解析

水位解析は既往の資料のほとんどにおいて、計測用画角を固定し、得られた画像の画素ごとに水位情報を付与（図 1）した上で水面境界の抽出を実施し、水面境界部分の水位を算出している。そのため本検討においても同様の手法を踏襲することとした。

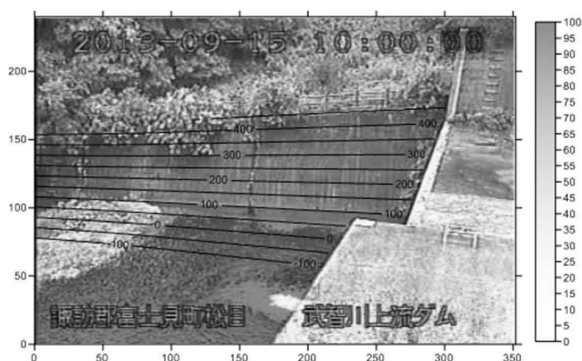


図 1. 計測用画角における水位情報の付与

なお水面境界の手法は特性の異なる 2 手法（時系列で画素の輝度分散の大きい領域を水面として抽出する方法、単画像の輝度値の境目を水面として抽出する方法）について検討を実施している。

#### ② 流速解析

流速解析は既存文献の中では大きく①PIV 法と②STIV 法に大別された。

##### i) PIV (Particle Image Velocimetry) 法

PIV 法は動画像内の粒子の動きを画像マッチングにより追跡する技術である。水面に適用することで流速の評価が可能であり、河川への適用を図り、LSPIV 法、PTV 法などの手法が派生している。ただし本検討における試行解析では結果にばらつきが大きく、流速推定への適用は困難との結論が得られた。

##### ii) STIV (Space-Time Image Velocimetry) 法

水面上の流下方向にある測線を設定し、その画像を時系列に連結すると、流速に応じた傾きを持つ縞模様を呈する。STIV 法はその縞模様の角度から流速を解析する手法であり、適用範囲は限定されるが比較的解析結果が安定的であることから本検討において流速算出手法として採用した。

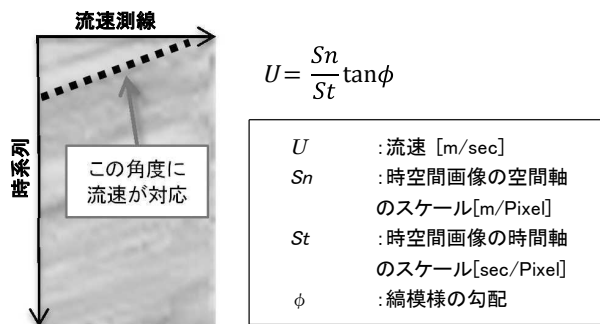


図 2. STIV 法の概要

### 3. プログラムの実装および解析結果

前述 2. で示した水位・流速解析手法を利用して CCTV で取得された MPEG 動画から水位・流速を抽出するプログラムを作成し、解析特性を整理した。

#### 3.1. 水位解析

水位解析では流量に乏しく波の少ない平時と、流量・

波の発生が共に多い出水時で大きく解析結果の精度に違いが出た。時系列の輝度分散による水面抽出は流量の多い出水時に有効であり、平時の解析には適さなかった。一方、単画像の輝度値解析による水面抽出は平時の利用が適しており、波の激しい出水時には計測が困難となる結果が得られた。

### 3.2. 流速解析

流速解析は砂防堰堤に取り付けられた CCTV で水通しを拡大撮影できる画角の画像については良好な解析結果が得られた。一方、水面を遠景撮影する画角では波が見えにくく解析が困難との結果が得られた。

### 4. 実運用に向けた課題と対応策の整理

水位・流速解析プログラムを富士川砂防事務所管内の 22 基の CCTV 画像に適用した結果、複数の課題が確認された。その一覧と対応策を以下に示す。

表 1. CCTV 画像計測による課題および対応一覧

| 課題 No | 課題 / 対応策   |
|-------|--|
| 1     | 計測用画角の固定化による監視用途への適用性低下<br>対応<br>・画角呼び出し機能を利用した必要に応じた計測画角の呼び出し                   |
| 2     | 画角復帰による計測精度の低下<br>対応<br>・画角復帰精度の CCTV 仕様への明記<br>・画像解析による位置補正                     |
| 3     | 光環境の変化による計測困難状況の出現<br>対応<br>・暗所における照明・投光器の利用<br>・画像輝度に上限<br>・下限の閾値を設定した処理対象外等の運用 |
| 4     | 堆積土砂・流木・河床植生による計測精度の低下<br>対応<br>・視界不良を避けるための高所へのカメラ設置<br>・カメラ撮影画像からの状況確認         |
| 5     | 雨滴・飛砂のレンズ付着による計測不能状況<br>対応<br>・風防設置等による雨滴付着の回避                                   |
| 6     | 水しぶきの発生、降雨・濃霧による視界不良<br>対応<br>信頼度評価による計測値非表示                                     |
| 7     | 河床高変動の影響による計測精度の低下<br>対応<br>対象範囲の河床全体に対する水域の占有率評価                                |
| 8     | 透過型砂防堰堤での水位評価箇所<br>対応<br>堰堤本体、袖小口による評価の併用  |
| 9     | 堰堤水抜きの評価<br>対応<br>出水時のみの水位計測   |
| 10    | 観測配置状況による流域監視状況のばらつき<br>対応<br>既設水位計の配置状況、保全対象、土砂流出状況を考慮し、新たな水位計・CCTV の配置計画の検討    |

### 5. アルゴリズムの検討

各項目の検討結果を踏まえ、水位・流量計測のためのアルゴリズムを整理 (図 3) し、さらにこの水位・流量観測機能をベースとして実運用に向けたシステム機能検討を実施した (表 2)。

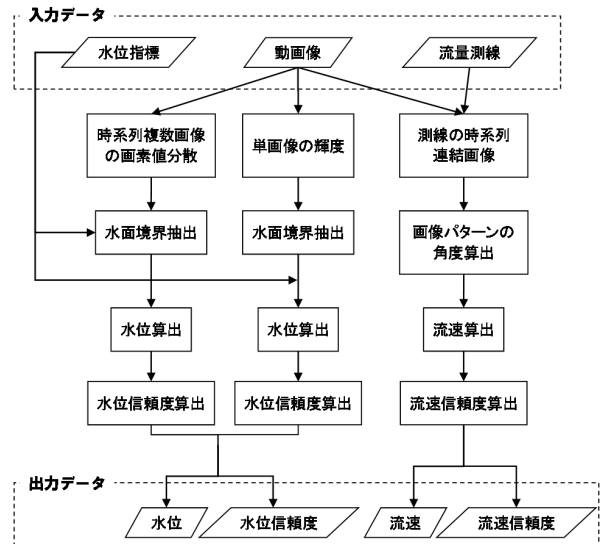


図 3. 水位・流速計測解析フロー

表 2. 実運用のシステム機能検討

| 機能                        | 内容   |
|---------------------------|--|
| ①水位変化検知機能                 | 水位計測結果から時間別の変化量を算出、一定以上の水位変化が生じた場合に通知                            |
| ②水位計測機能                   | 上図アルゴリズムによる。   |
| ③画像データ記録機能                | 水位変化が得られた場合には画像記録を開始   |
| ④測定水位及び周辺水位観測データの情報処理伝達機能 | 既存のネットワーク配置状況を勘案し最適な構成を提案  |
| ⑤設定水位アラーム発声機能             | 設定水位に達した場合にアラームを設定。通知方法としてはポップアップ、常駐アプリ、メール等がある。コスト等からはメールが推奨される |

### 6. まとめ

本検討により CCTV で取得された画像から水位・流速を計測する手法を構築し、運用上の課題および対応策を整理、システム機能についての方針を取りまとめた。ただし本業務履行期間中に出水データが取得できなかったことから、今後本プログラムを利用した出水時の解析を実施し、解析安定化・精度向上のためのアルゴリズム改善を継続する必要がある。