渇水位時の量水板画像を利用した CCTV カメラ映像からの水位計測方法

Water level measurement from CCTV camera images using water gauge images taken at the time of low water level

前原 秀明*・長瀬 百代*・平 謙二**

Hideaki MAEHARA, Momoyo NAGASE and Kenji TAIRA

Abstract : We will propose a new method of water level measurement using river monitoring images taken by the closed circuit television (CCTV). Our method is featured by the definition of the water measure model, which in advance we have built from an image taken at the time of low water level. Generally the correlation between the observation images and the water measure model is enough strong. Therefor the implementation based on the method has provided robust measurement results through various observation conditions of light and water surface. Furthermore, since our method doesn't require high frame rate, the measurement can be stable by even use of night low rate video images.

和文概要：河川監視用 CCTV カメラの映像を計算機に取り込み、渇水時に撮像した量水板画像と照合することにより、多様な気象・日照条件において頑強な河川水位の画像計測を可能とする方法を検討し、実データを用いた計測実験を行い、有効性を確認したので報告する。

1 はじめに

水文観測における河川水位の計測は、量水板と呼ばれる物差し状の構造物を水中に立て、水面部分の目盛を目視で読み取ることによって行われてきた。近年は人手による量水板の読み取りに代わるものとして、水圧や水面までの距離を計測するセンサーにより水位を間接的に計測する方法が実用化され自動計測が行われている。しかしながら、これらは量水板に接する水位面を直接的に観測しないため、従来の量水板を目視で読み取った場合とは異なる値が記録されるなどの課題がある。これに対し、CCTV カメラからの映像を取り込み、水上部分と水面との濃度の違いや、水面が構造物に対して生ずる境界線（エッジ）を検出することで、画像から水位を計測することが提案されている（福浦，2007，羽下，2007）。我々は画像を用いて従来より安定した計測を可能とするため、渇水時に撮影した量水板

画像と観測画像とを照合することで水面を特定する方法を着想し検討を進めてきた。本稿では、検討した方法に基づき CCTV カメラ映像を計算機に取り込んで処理するプログラムを実装し、実データを用いて有効性を確認した結果について報告する。

2 量水板テンプレート画像を用いた河川水位の画像計測

2.1 方式検討

これまでに提案されてきた河川水位の画像計測では、水面で生じる画像の揺らぎ、非喫水領域に対する輝度の変化、水面により形成されるエッジを特徴量として検出することで水面を特定していた。しかし、日照変化・降雨等の自然環境下では、このような特徴は水面以外の領域にも発生する可能性があり、実用に耐える安定的な計測は困難であった。また、画像の揺らぎを利用する場合にはフレームレートの高い動画が必要であり、夜間の計測が困難であった。一方、画像相関法に基づくテンプレートマッチングは、明度やコントラストの違い、局所的な不一致などに対して頑強であることが知られている。そこで我々は、量水板の濃

* 三菱電機株式会社

**三菱電機エンジニアリング株式会社

「写真測量とリモートセンシング」VOL. 55, NO.1, 2016

度パターンをテンプレート画像とし、観測画像との照合に基づき水面を特定する方法について検討した。

2.2 アルゴリズム

以下、図1のフローに基づき、量水板テンプレート画像と観測画像とを照合することで水面を特定する画像計測アルゴリズムを示す。

図1 処理フロー

①量水板テンプレートの定義

渇水位時の CCTV 映像を計算機に取り込み、画像座標とそれらに対応する水位高を手入力する(図2)。切り出して登録した量水板テンプレートの例を図3(a)に示す。

②観測画像の取り込み

CCTV 映像を計算機に取り込み、秒1コマ程度の静止画を作成し、画像計測プログラムへの入力とする(図3(b))。

図2 渇水位時の量水板画像における画像座標（4箇所）の十字と水位高（左右の数値）の入力例

図3 水面高の検出プロセス例

③射影変換

CCTV カメラのプリセット機能により画像中の量水板座標は概ね一定に保たれるが、設置ポールの揺れ等の影響で最大で数十ピクセル程度の位置ずれが生じる。そこでテンプレートマッチングに基づき変換係数を算定し、観測画像中の量水板と量水板テンプレートをサブピクセルレベルで一致するように、観測画像の射影変換を行う（図3(c)）。

④相関計算

射影変換後の観測画像と量水板テンプレートの間で小領域毎の画像相関を計算し、マップ化する(図3(d))。

⑤水面判定・水位算定

相関係数マップを列毎に縦方向にスキャンして勾配を求め(図3(e))、勾配が最大となる位置を列毎の水面座標とする(図3(f))。次に、算定した水面座標から量水板目盛に対する平均位置を決定し(図3(g))、量水板テンプレート定義時に入力した画像座標と水位高を参照して水位に換算する。

3 画像計測実験

検討したアルゴリズムに基づき計算機プログラムを実装し、実際の CCTV カメラ映像を入力とした水位計測実験を行った。カメラ映像はフル HD（縦1920・横1040ピクセル）、4mの量水板が画像の縦方向に取まるように画角を設定した。今回の実験では、連続計測時間は72時間、毎時最初に取得した1フレーム、72画像を対象とした。量水板は蓄光式であり、夜間の撮像は蓄光材から発光によった。河川に設置されている水压センサーに基づき自動記録されたデータ（テレメータデータ）と、プログラムによる画像計測出力、目視による読み取りとを比較したものを図4に示す。図4において、縦軸は河川の水位(単位はメートル)、横軸は観測時刻（基準日の0:00から、3日後の23:00まで）である。テレメータデータから得られる水位は1時間の平均値であり、目視読み取りと比較しても大きな差がある。表1は、テレメータ・目視読み取り・画像計測のそれぞれの計測結果の二乗平均平方根誤差(RMSE)を示したものである。テレメータを真値とみなした場合のRMSEは4.6cmに対し、目視読み取りを真値とみなした場合のRMSEは2.8cmであり、画像計測結果は目視読み取りに近いことが確認できる。なお、画像計測と目視読み取りの差が大きいケースは、

図4 水位計測値の比較

表1 水位計測値の比較 (RMSE)

(単位: cm)

テレメータ －目視読取	テレメータ －画像計測	目視読取 －画像計測
4.658	3.661	2.833

図3(b)の例のように、水面が量水板に対して斜めに接する増水位時に集中している。増水位時の計測精度に関しては改良の余地が認められるが、降水時・夜間ともに欠測は発生せず、提案方式の精度に加え安定的な計測性能を実証できたと考える。

4 おわりに

量水板の設置方法あるいは量水板用目盛のデザインには多種多様なものがある。今回は量水板が地面に対して垂直に立てられた状態であることを前提として検討手法の有効性を検証した。今後は、それ以外の設置条件においても同様の性能を確保できるよう拡張するとともに精度向上を図り実用化を目指したい。

(受付日2016.1.8, 受理日2016.2.22)

参考文献

- [1] 四国地方整備局河川部四国水文観測検討会, 2004. 第2版 水文観測の手引き(案) 導入編
- [2] 福浦悟史, 岡田拓也, 栗城 稔, 2007. CCTV を使った水位観測システムの開発, 平成19年度河川情報シンポジウム講演集
- [3] 羽下哲司, 松岡伸幸, 田中健二, 新房健一, 2007. 水位検出装置, それを用いた水位検出方法, 公開特許公報, 特開2007-212238