

画像解析によるゲート式分水工の流量計測への適用 Application to image detection of the multiple gate openings to flow measurement at diversion works

○中田達*
○Toru NAKADA

1. はじめに

気候変動に伴う極端な高温・渇水等の発生が予想される中、用水管理上の分水工のゲート操作は、農業用水の配水管理において最もDX化が求められているものである。われわれはこれまでに、監視カメラで水路の水面とゲートを撮影した画像からそれぞれの領域を抽出し、水位およびゲート開度を推定する手法を開発してきた。本報では、この水門開度検出技術を用いて、ゲート開度や水門上下流の水位をもとに1枚の画像から複数のスルースゲート（以下、ゲート）を通過する流量計測の実用可能性を検証することを目的とした。カメラ1台で上下流の水位計3箇所および2門のゲート開度センサを代替することができれば、施設インフラの整備コストでも圧倒的に優位となる。

2. 水門開度検出システム

水門開度検出システムでは、水門とその近傍の水面の撮影画像をクラウドサーバに送信し、セマンティックセグメンテーション（以下、SS）を適用して水面やゲート領域を検出する。SSで生成された領域分割画像から、指定領域内の水面あるいはゲートの境界部分のピクセル座標を読み取り、画像中の橋脚等の不動点の座標から事前に作成した鉛直方向の射影変換式を用いて、ゲートの開度および水位を算出した。SSのモデルとしてDeepLabV3+を採用し、学習のデータセット内には検証の水門と同じ画角の撮影画像が含まれる。

3. 室内実験水路における計測精度の検証

幅1mの矩形コンクリート開水路を、幅0.585m（左岸）および0.336m（右岸）の並行二連の水路に分割し、水路と同幅の、高さ0.5m、ゲート天端厚み0.15mの全幅スルースゲート2門で分水させる水理模型を製作した（図-1）。ゲートの上流側上方から2門のゲートおよび上下流の水面が画角に収まるように撮影した画像をクラウドサーバに送信して解析を行った。画像解析から得た上下流の水深とゲート開度を用いて、潜り流出を対象としたスルースゲートを通過する流量の計測式を用いて、それぞれの分水路の流量を推定した。

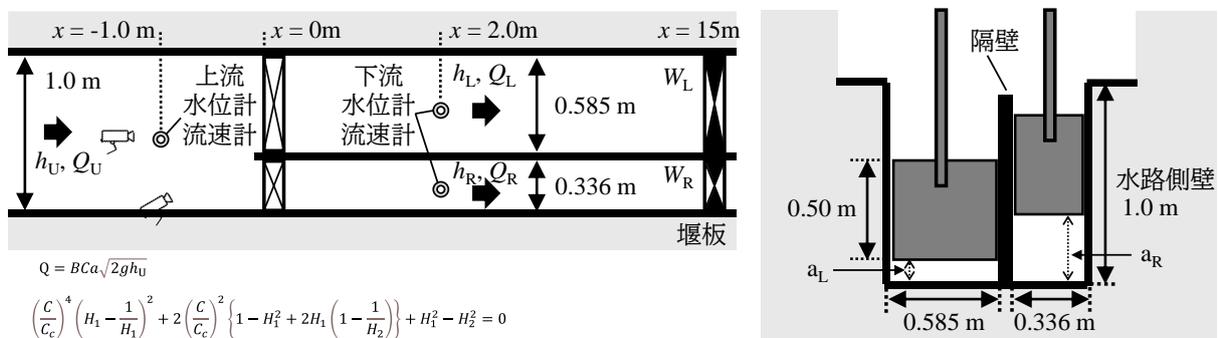


図-1 ゲート分水水理模型の諸元

Structural details of the parallel sluice gates division hydraulic model

*農研機構農村工学研究部門, Institute for Rural Engineering, NARO
キーワード 水門, 流域治水, 画像解析, AI

上流からの流量・ゲート開度・下流端堰上げ高さを種々に変えた実験ケースの設定は表-1に示す。

表-1 水理模型実験のケース設定
Case Setting for Hydraulic Model Experiments

制御項目	設定値	
上流からの流量 Q_U (m ³ /s)	0.025, 0.050, 0.075, 0.100	4パターン
ゲート開度 a_L, a_R (m)	それぞれ, 0.05, 0.10, 0.15	9パターン
下流端堰上げ高さ W_L, W_R (m)	それぞれ, 0.10, 0.20	4パターン

4. 水位・開度・流量の計測精度の検証

SSによる水面とゲート領域の検出結果は良好であった(図-2)。画像解析による上下流3地点の水深と2門のゲート開度の計測精度を、ゲージ圧水位計による実測値と比較した。図-3には、流量を段階的に変化させた際の水深の経時的な変化を良好に検出できたことを示した。ただし、少流量(低水深)のときの下流水深は、カメラと水面との距離が長くなり、画角によって水深の変化に対する領域の変化が相対的に小さくなり、誤差が相対的に大きくなった。

測定精度の検証のため設置したゲージ圧水位計および2次元流速計($x = -1.0$ m, $x = 2.0$ m)の実測値から算定された流量と、画像解析による推定値を用いて流量公式から算定された流量との比較を、表-2に示す。

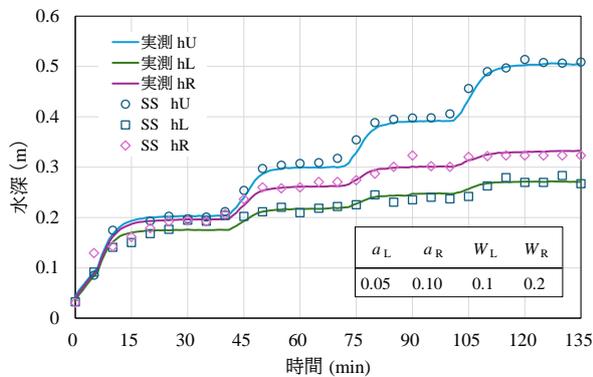


図-3 SSによる分水路水位の推定
Estimated parallel gates diversion works water level by SS

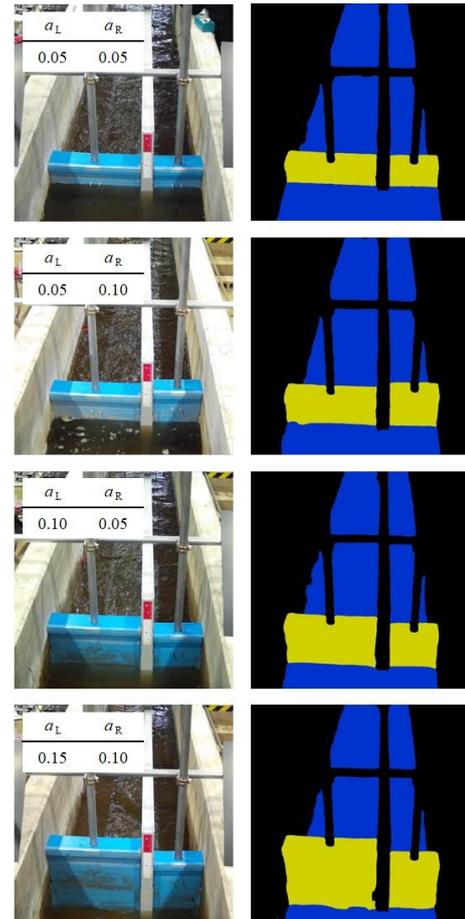


図-2 SSによる水門と水面の推定
Estimated water surface and gates by SS

表-2 分水量の算定結果
Calculation results of diversion volume

実験条件設定値					SS画像解析による推定値				式からの算定値		算定された分水量							
Q_U	a_L	a_R	W_L	W_R	h_U	(MAE)	h_L	(MAE)	h_R	(MAE)	C_L	C_R	Q_L	実測	(MAPE)	Q_R	実測	(MAPE)
75	0.05	0.10	0.1	0.2	0.377	(0.004)	0.244	(0.010)	0.255	(0.010)	0.442	0.545	0.041	0.037	11%	0.055	0.042	31%
75	0.05	0.10	0.1	0.2	0.397	(0.002)	0.235	(0.004)	0.323	(0.007)	0.504	0.339	0.054	0.038	42%	0.033	0.027	22%
75	0.05	0.10	0.2	0.1	0.460	(0.005)	0.308	(0.006)	0.308	(0.011)	0.413	0.479	0.044	0.033	32%	0.052	0.041	27%
75	0.10	0.05	0.1	0.1	0.324	(0.009)	0.254	(0.005)	0.256	(0.018)	0.396	0.332	0.060	0.061	2%	0.016	0.017	6%

MAE: 平均絶対誤差, 水位計実測値を基準

MAPE: 平均絶対誤差率, 水位計・流速計実測値からの算定値を基準

謝辞: 本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「AI等の活用による利水と治水に対応した農業水利施設の遠隔監視・自動制御システムの開発」JP009837および日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B), 課題番号: 21H02310, 代表: 吉永育生)の支援を受けて実施された。