

セマンティックセグメンテーションによるゲート開度検出手法の開発 Gate Opening Detection Methodology by Semantic Segmentation

○中田達*・島崎昌彦*
○Toru Nakada・Masahiko Shimazaki

1. はじめに

映像監視技術の進展により、視覚情報に基づく監視システム、特に洪水などの自然災害の監視システムに関する技術開発に関心が高まっている。静止画や動画から水面の情報等を計測する試みは数多く、近年は、AIを利用した水位や流速の計測が組み込まれており、画像中の水位標尺と水面の境界部を検出する計測手法等（前原ら、2019）が提案されている。また、災害時に重要となる海岸部の水門の開閉情報を画像判定する手法についても、海岸陸閘において門扉周囲の画像輝度から開閉状況を判定する手法が開発されている。

一方で、農業用水門は、「開」「閉」だけを認識すれば良い河川や港湾等の管理する水災害防止のための水門・陸閘と異なり、大雨時以外の平常時にも農業用水の確保や生態系の維持のために、ゲート開度の変更により水路の水位を調整する場合がある。そのため、ゲート操作のたびに撮影画像内で位置を変えるゲート部分を画像解析で検出する必要がある。本研究では、監視カメラで水路の水面とゲートを撮影した画像から、水面およびゲートの領域を抽出し、水位およびゲート開度を推定するシステムを構築することを目的とし、その検出システムの推定精度を検証した。

2. 方法

画像解析による水面とゲートの検出手法として畳み込みニューラルネットワーク（CNN）に基づくセマンティックセグメンテーション（以下、SS）を適用した。既往の研究（Muhadi et al., 2021）で水域の領域付けに良好な結果を示した DeepLabV3+を採用し、画像内から「水面」「ゲート」「草」「ゴミ」の4要素を検出するモデルを構築した。各要素の検出の学習には、国内外各地の水路・ゲートの画像を収集しアノテーション処理を行い、668枚の画像を訓練データ、147枚を検証データとした。SSの精度は、指定領域におけるIoU、BFスコアなどの評価指標を用いて評価した。

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三次元座標から作成した鉛直方向の回帰式を用いて、ゲートの開度および水位を算出した。（図-1）



図-1 水位・ゲート開度推定モデルの構成
System structure of sluice gate opening detection system

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

3. SSモデルの評価

検証データにおける「水面」の mIoU (全データの平均 IoU) は 0.89, mBF スコアは 0.94 と、概ね高精度で認識できた。「ゲート」の mIoU は 0.72, mBF スコアは 0.84 となった。「ゲート」は外観が多様であり、他の建造物との見分けが難しい場合があると考えられるが、十分な検知性能を有していることを確認できた。

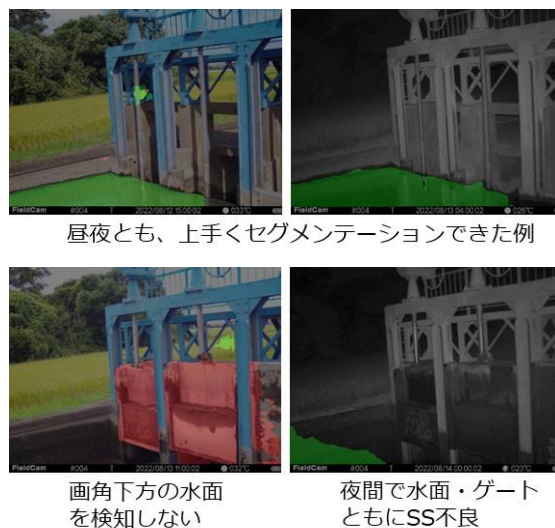
4. 現地試験による水位推定の精度検証

このモデルを用いて、鳥獣害等の検知用トレイルカメラで撮影した現地画像への SS の適用を試みた(図-2)。現地画像はモデル構築時の訓練や検証には使用していないが、「水面」の mIoU は 0.60, 「ゲート」の mIoU は 0.35 となった。夜間等で検知精度に課題がみられるものの、個々の画像での水面の検知精度は良好であった。通常時ゲートは水没し越流しているためゲートは検出されず、ゲートを開放させ水面が低下した際は、昼間の検出は精度が高いものの、夜間の検出精度に改善の余地があった。

ゲート上流側の水位の推定結果を図-3に示す。60枚のテスト画像のうち、明らかに領域分類の不良なもの除外した31枚の画像における水位は、水位計による実測値と比較して平均絶対誤差(MAE)は3.9cm, 最大誤差は7.1cm, 最小誤差は0.4cmであった。

5. 今後の展望

カメラ一台で水位計および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優位となりうる。今後は、現地画像を DeepLabV3+ に追加学習させることや、データ増強処理等の改善処理により、検出精度の比較を行い、夜間等の検出精度向上を図る。また、河川への排水樋門や排水路の制水ゲートといった防災を主目的とした排水路の水門の遠隔監視のみならず、用水路における分土工などにおける通常時の利水管理においても実用性の検証を進める。



昼夜とも、上手くセグメンテーションできた例

画角下方の水面を検知しない

夜間で水面・ゲートともにSS不良

図-2 現地画像でのSSの適用結果
上段：適正検出例，下段：不良例
Application results of SS on field images
Upper: good results, Lower: bad results

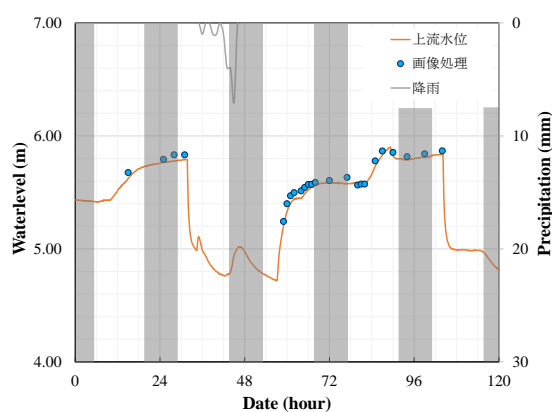


図-3 SSによるゲート上流水位の推定
Estimated water level upstream of the gate by SS

前原ら, 写真測量とリモートセンシング, 2019, doi.org : 10.4287/jsprs.58.123
Muhadi et al., Appl. Sci., 2021, doi.org:10.3390/app11209691

謝辞：内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 国家レジリエンス (防災・減災) の強化」(管理法人：JST) で収集した画像をモデルの学習に用い、機材調達とシステム精緻化を、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によって実施した。