

画像解析ゲート開度検出システムの構成と現地実証 Architecture and On-site Demonstration of Image Analysis Gate Opening Detection System

○中田達*・島崎昌彦*
○Toru NAKADA・Masahiko SHIMAZAKI

1. はじめに

ゲート設備やポンプ設備といった機械設備は、河川・海岸と農地との接点に存在し、洪水時に適切に作動することで堤内地を安全に保つ役割を担い、「流域治水」における危機管理において不可欠な存在である。一方で、多くの中小規模の農業用水門の管理は、遠隔監視のシステムが未配備のため、土地改良区職員や地元農家による巡回、いわゆる「機側操作」によって行われている。著者らはこれまでに、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手法を開発してきた。本報では、画像取得からウェブインターフェースによる情報の表示までの一連のシステム（水門監視システム）の構成について示し、現地実証試験による水位・ゲート開度の検知精度を検証することを目的とした。

2. システムの設計

水門監視システムの目的は、水門近傍の水位および水門の開度を遠隔で監視することである。加えて、水門へのゴミ・流木等の障害状況や周囲の農地の溢水状況の把握といった施設管理者らのニーズから画像撮影を必要とする。そこで、システムの機能要件として、画像解析を用いて撮影画像内から計測すべき水面位置とゲート位置を検出することとした。施設管理者の情報取得についての機能要件は、現地で得られた画像や水位等の数値情報を、管理者がPCやスマートフォン上のウェブブラウザやウェブアプリケーションを介して、常時確認できることである。システムの構成と処理プロセスの概要を図-1に示す。

1) カメラデバイス

鳥獣害等の検知用トレイルカメラを利用した。一定時間間隔の撮影、赤外線照射による夜間撮影、乾電池駆動と耐候性、LTE通信での撮影画像のメール送信の機能を有する。

2) 画像解析による水門開度検出プログラム

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SSのモデルとして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。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事前に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。

3) 水位・ゲート開度の検知処理フロー

トレイルカメラから定時的に撮影画像がメールに添付されて送られてくる

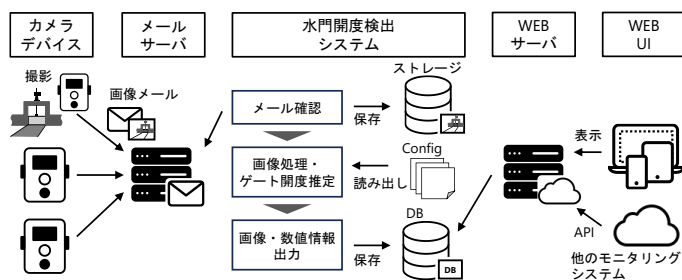


図-1 水門監視システムの構成および処理フロー
Architecture and process of the gate monitoring system

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

ことを確認し、水門開度検出プログラムを実行する。1枚の画像の推論処理であれば、GPUを用いずCPUのみでも十分な速度で処理可能である。検出領域の指定や回帰式のパラメータ等は、設定ファイル(Config)から読み込む。出力したセグメンテーション画像等はストレージに、数値情報はデータベースに保存する。

4) クラウドサーバによる環境構築

これら一連のフローをクラウド環境下で構築した。クラウド運用でのシステムの運用・維持管理コストに関する検討では、受信した画像およびSS処理画像のストレージ使用量に応じたクラウドサーバの利用料と通信費等を加えて約2万円/月となることがわかった。

5) ウェブインターフェース

ウェブサーバにおいて最新のDBの内容を読み込み、ウェブUIに出力する。ユーザは、画像と水位・ゲート開度のトレンドグラフを同一画面上で把握できる。省コストで開発できるBIツール等をUIとして採用できる。また、ウェブAPI連携により、他のモニタリングシステムとの情報の入出力を可能とする。

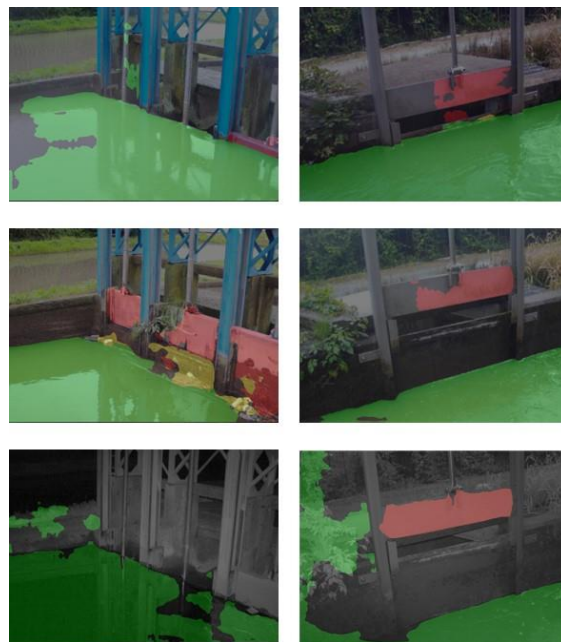


図-2 SSによる水門と水面の推定
Estimated water surface and gates by SS

3. 現地実証試験による水門監視システムの動作検証

トレイルカメラを排水路の反復利用のための堰上げゲートや用水路側壁に位置する緊急放流ゲートなどに設置し、水門監視システムの現地実証試験を実施した。昼間の画像での水面・水門の検知精度は良好であったが、夜間のゲートの検知精度に改善の余地があった(図-2)。排水路の堰上げゲートの降雨に伴うゲート開放操作における水位変化について、水門監視システムでの検知精度を図-3に示す。降雨イベントを含む12日間の96回の計測回数のうち、水位はすべての計測で水面領域を検知できたが、夜間や日中の鏡面反射のためハズレ値として11回除外され、平均絶対誤差MAEは2.0cmであった。ゲート開度は操作の前後で検知され、平均絶対誤差MAEは5.7cmであった。ゴミ等の漂流物が水位・ゲート開度の算定領域にかかる場合、算定領域を移動させる処理などの改善点が見出された。

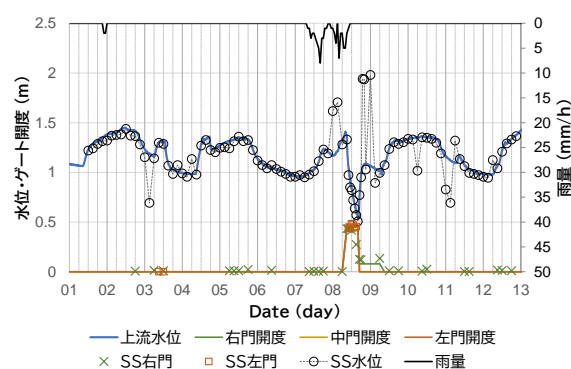


図-3 SSによる排水路水位と反復利用ゲート開度の推定

Estimated drainage canal water level and repetitive gate openings by SS

謝辞：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によって機材調達とシステムを設計し、内閣府総合科学技術・イノベーション会議 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「スマート防災ネットワークの構築」JPJ012289(研究推進法人：防災科研)で構築したサーバ上にシステムを構築した。