

補助事業番号 2022M-223

補助事業名 2022年度 遠隔監視制御型樋門管理システムの水路流動計測アルゴリズム

開発 補助事業

補助事業者名 九州工業大学 淵脇正樹

1 研究の概要

カメラにより撮影された映像に対し、流れる河川の流動特性を導捉える画像計測アルゴリズムを構築する。河川の表面に生成される波紋の凹凸に注目し、その流動特性を推定する技術構築を目指す。さらには、水路を流れる流れの数値シミュレーションより、流れ表面（気液界面）の振動、水路内部の流動を定量的に評価し、これらの流れを補間する流動特性を明らかにする。これらの計測および数値シミュレーションにより得られた結果を関連付け、樋門に設置されたカメラにより撮影された映像から、水路内の流動特性を把握するための画像計測アルゴリズムを構築し、遠隔監視制御型樋門管理システムとしての技術開発を行う。

2 研究の目的と背景

近年、ゲリラ豪雨および集中豪雨による河川災害が頻発し、その被害も大きくなっている。河川災害の治水対策として、築堤・嵩上げ（堤防を造り、水流断面を大きくする）、引堤（川幅を広げ、水流断面を大きくする）、遊水地（洪水を一時貯め、河川の水位を下げる）、河道掘削（河川を掘削し、水流断面を大きくし、水位を下げる）があるが、近年のゲリラ豪雨および集中豪雨は、その雨量が想定以上となるため、これらの対策では追いついていないのが現状である。また、ゲリラ豪雨および集中豪雨による洪水により、河川の水が堤内地や水田に逆流しないように設けられた樋門も治水対策の一つであるが、手動であるため、極めて危険な重労働となる。これらの危険な業務を回避するために、遠隔監視制御型樋門管理システムが提案されている。樋門近くに設置したカメラより、河川の水位、流速、流向を随時、把握し、その状況により、樋門を遠隔開閉するシステムである。樋門を遠隔開閉するシステムは、ギアユニットおよびIoT制御盤により、ほぼ構築されつつあるが、河川の水位、流速、流向を瞬間的に理解する技術は未だ構築されていない。特に、撮影された画像から、河川の水位、流速、流向を定量的に理解することは容易ではない。流体力学分野では、流れにトレーサーを注入し、その移動距離により、流速を計測するPIV解析があるが、実際の河川にトレーサーを注入することは現実的ではないため、実際に撮影された画像のみから河川の流速を計測する技術を構築する必要がある。

本研究では、河川の表面に生成される波紋の凹凸に注目し、その流速を推定する技術構築を目指す。波紋は、水表面の凹凸の移動であるが、これらを撮影すると、その凹凸は輝度値として識別される。その輝度値の移動より、波紋の移動速度を推定し、河川の流動特性を捉えるアルゴリズムを確立する。特に、これまでに複雑流体流れ場の定量的流れ場計測に用いてきた画像関連アルゴリズムとは異なり、輝度値差を基盤とし、波紋の凹凸およびその移動

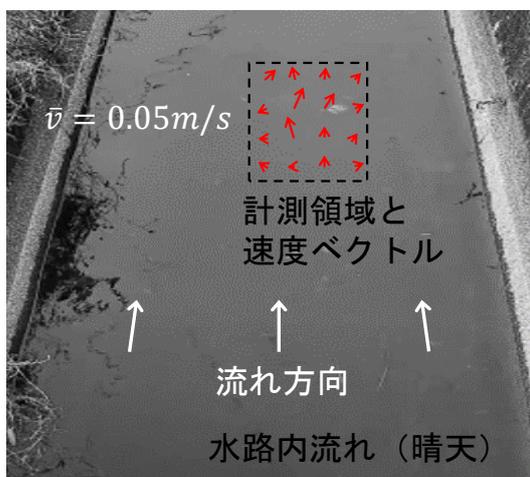
より、河川の流動特性を捉えるアルゴリズムを確立することを目的とする。

3 研究内容

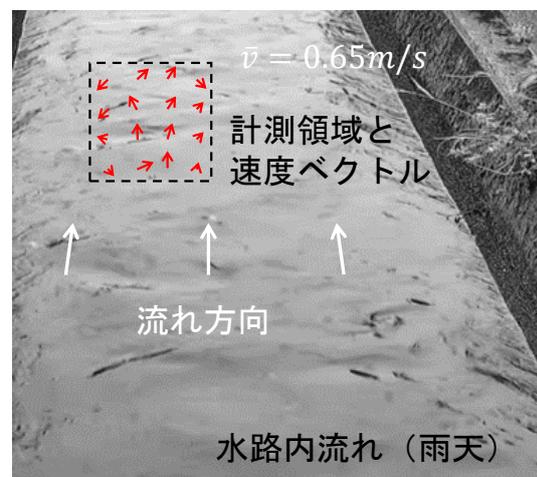
(1) 流動計測アルゴリズムの開発研究 (<https://fuchiwaki-lab.jp/research/>)

水路流動計測アルゴリズム開発を目指し、水路の流れ表面の二次元画像から、その流動特性を捉えることを目的とした。その結果、これまでに知られている画像関連アルゴリズムのみでは、水路内の速度の計測精度は約20%弱であった。そのため、このアルゴリズムを基盤とし、その走査領域および不動値除去を内挿することで、その計測精度を向上させることが可能となった。また、本アルゴリズムは、一枚の画像に対する速度の算出時間が、1.0 sec以下であることから、時間と共に変化する水路内の流れの速度を瞬時に計測することが十分に可能であることを示唆した。そこで、本研究では、さらなる発展を目指し、流れ表面の波紋の凹凸に注目し、それに対し、フィルタリングおよび畳み込み積分を適用した。その結果、晴天時の水路内（図1(a)）だけでなく、高流速域となる雨天時の水路内の速度（図1(b)）の計測精度を70%まで向上させることが可能となった。

その一方で、水路の流れ表面および水路内の流速の補間を実施するために、気液二相流を取り扱う数値シミュレーション技術を構築した。本数値シミュレーションは、計算負荷が非常に大きいため、水路内の流れを単純化された2次元モデルとし、その計算格子は、概ね20,000程度とした。ただし、気液解明を正確に捉えるために、六面体格子により生成した。その結果、急激な降雨量増加により、水路の速度が大きくなると、気液界面は大きく波立ち、激しく乱れた界面となる。その水位および速度は波の周期に合わせ大きく変動するだけでなく、界面にて発生する大きな波は、後流方向だけでなく、深さ方向にも伝播し、河川の流動に強く影響することを明らかにした（図2）。さらには、水路の流れ表面の波紋のように、気液界面が周期的に振動することも明らかにし、また、この波紋の振動周期に対し、水路内部の流動は、速くなることもわかった。すなわち、水路の流れ表面と水路内の流速の補間は、重要であることがわかった。



(a) 晴天時



(b) 雨天時

図1 水路の流れ表面の速度ベクトル

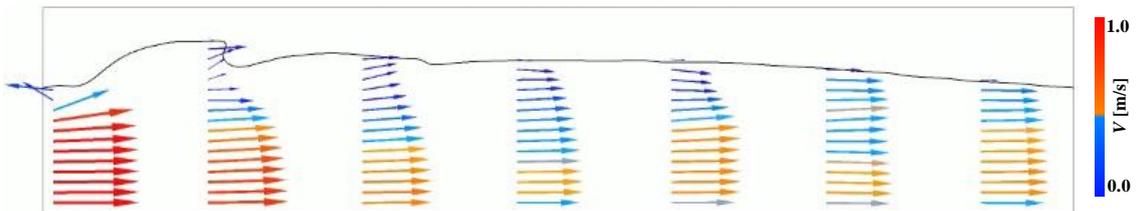


図2 数値シミュレーションによる水路モデル流れ表面の振動とその内部流動

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

ゲリラ豪雨および集中豪雨により、河川の水が堤内地（住居や農地）や水田に逆流しないように設けられた樋門は、治水対策の一つであるが、極めて危険な重労働となっている。さらには、近年、その雨量が想定以上であるため、樋門の開閉のタイミングを誤り、その適切な開閉が行われず、樋門の効果がなく、上流側での氾濫による水害も起きているのが現状である。遠隔監視制御型樋門管理システムは、その自動開閉システムこそ構築されているものの、その適切なタイミングの駆動こそが次なる課題であった。そのために、河川の流動特性を画像から定量的に捉えるアルゴリズムの構築は、非常に大きな成果である。今後、このアルゴリズムの高精度化、また、遠隔監視制御型樋門管理システムへの組み込みにより、その実現が可能となる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでに、画像相関アルゴリズムを主とするPIV計測により、複数の複雑流体流れ場の定量的流れ場計測を実施してきた。本研究は、そのアルゴリズムを基盤としているものの、輝度値の相関ではなく、輝度値差を主とした新規画像計測アルゴリズムの開発である。すなわち、これまでの研究成果を基盤とし、それらを発展させた新規画像計測アルゴリズムである。そのため、これまでの研究歴を大きく発展させるための次のステップであるとも言える。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

特になし

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特になし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：九州工業大学情報工学部

(キュウシュウコウギョウダイガクジョウホウコウガクブ)

住 所： 〒820-8502

福岡県飯塚市川津680-4

担 当 者： 教授 淵脇正樹(フチワキマサキ)

担 当 部 署： 知的システム工学科(チテキシステムコウガクカ)

E - m a i l: fuchiwaki@ics.kyutech.ac.jp

U R L: <https://fuchiwaki-lab.jp/research/>