

利根川における電波式流速計及び画像処理型流速法による流量観測自動化への検討

高田 聖也

国土交通省 利根川上流河川事務所 調査課 (〒349-1198 埼玉県久喜市栗橋北二丁目19番1号)

洪水時の流量データは重要な水文データである。しかしながら、従来の高水流量観測手法である浮子観測は現地観測員を要することから、洪水時の観測安全性に問題がある。また、土木業界における人手不足等の影響で今後、浮子観測が継続できない可能性もある。そこで、利根川上流河川事務所では無人観測の可能性を検討するため非接触型流速計を用いた流量観測を実施した。その結果、中程度の出水であったが、概ね観測可能であることがわかった。

キーワード 流量観測, 電波式流速計, 画像処理型流速計測法, 浮子観測

1. はじめに

河川計画立案の上で洪水時の流量は重要な水文データである。従来の高水流量観測は浮子観測により行われているが、浮子観測は有人による観測であるため、避難判断水位を超過した場合には観測員は退避しなければならず、その間の流量データは取得できない。実際、利根川上流河川事務所（以下、当事務所とする）管内においても令和元年東日本台風では観測員の退避により流量観測をできなかった時間帯があり、古戸観測所、川俣観測所、栗橋観測所などではピーク流量を捉えることができなかった。また、出水時の作業であることから観測には危険が伴うとともに、長時間にわたり多くの観測員を拘束することから受注者に負担となっていると考えられる。そのため近年、当事務所では流量観測業務の入札不調が出始めており、洪水時の流量観測のみならず低水流量観測すら満足に行えない観測所も見受けられる。現行の流量観測体制を維持し続けるのは難しく、そのため新たな流量観測体制について検討していく必要がある。

そこで、今回、従来の有人による流量観測から無人による流量観測への転換が可能であるか検討することを目的に、利根川上流管内の各流量観測地点に非接触型の流速計を設置し、令和3年8月の前線降雨時に観測を行った。観測概要、観測結果及び課題について報告する。

2. 観測概要

2.1 観測地点

観測地点を表1に示す。当事務所が流量観測を実施している14地点で観測を行った。なお、大館観測所（早川）は御蔵橋、下田島観測所（石田川）は石田川橋で通常の流量観測を行っているが、橋梁に歩道がなく、機器を設置することで歩行者等の通行の阻害となる可能性があるため、観測に適する近隣の橋梁で観測を行うこととした。

表1 観測地点

観測所	橋梁名	観測機器	河川名
上福島	福島橋	画像処理	利根川
八斗島	坂東大橋	電波式	利根川
古戸	刀水橋	画像処理	利根川
川俣	昭和橋	画像処理	利根川
栗橋	利根川橋	電波式	利根川
芽吹橋	芽吹大橋	画像処理	利根川
藤岡	藤岡大橋	画像処理	渡良瀬川
古河	三国橋	画像処理	渡良瀬川
中里	昇明橋	画像処理	巴波川
乙女	乙女大橋	画像処理	思川
武士	武士橋	画像処理	広瀬川
大館	徳川橋	画像処理	早川
下田島	宝泉橋	画像処理	石田川
小山橋	小山橋	画像処理	小山川

2.2 観測機器

従来に変わる新たな流量観測の手法としては主にADCP、電波式流速計及び画像処理型流速計測法などが挙げられる。ADCPを用いた流量観測の特徴は、比較的短時間で多量の流速分布データを得られることや航走断面の流速分布と河床形状を同時に計測できることにある。しかし、観測には観測船を操作するための人員が必要なため有人による観測となる。そのため、洪水時の観測員の安全性確保や避難指示等が発令された場合についての問題は解消されないため、今回は採用しなかった。

一方で、電波式流速計や画像処理法は出水前に機器を設置し、観測体制を整えることで洪水時は無人による流量観測が可能となる。そのため、前述の問題を解消することが期待されるから、当事務所では上記2手法による観測体制を整備した。

(1) 電波式流速計

原理的にはスピードガンと同じで、ドップラー効果を利用して表面流速を計測する手法である。詳細については文献¹⁾を参照されたい。表2に八斗島観測所における観測項目及び数量を示す。電波式流速計は橋梁下流側の高欄に俯角40°、橋梁横断方向に直交するように取り付け、設置間隔は費用削減のために浮子投下の緊急法測線とした。(図1)併せて、風向風速計および超音波水位計を1台ずつ設置した。(写真1)

(2) 画像処理型流速計測法 (STIV法)

洪水により流下する浮遊物や水面波紋を撮影し、動画を解析することで流速を計測する手法である。詳細については文献²⁾を参照されたい。表3に武士観測所における観測項目及び数量を示す。カメラは橋梁上流側の高欄に俯角18°となるように取り付け、設置間隔は浮子投下の緊急法測線とした。(図2)併せて、風向風速計及び超音波水位計を1台ずつ設置した。

撮影した動画は、画像処理ソフトによって表面流速を解析した。

2.3 その他

試験運用であることから、今回、観測機器は可搬型を採用した。そのため、出水期前に機器を固定するためのフレームを橋梁に取り付けておき、気象情報などから出水が予想されると、洪水が到達する前日までに観測機器をフレームに設置するようにした。

また、電源は常用電源ではなくバッテリー駆動とし、計測データは観測機器に投入したSDカードに保存し、出水後に記録媒体を回収するようにした。

表2 観測項目及び数量 (八斗島)

地点	観測項目	機器名称	数量
八斗島	表面流速	電波流速計	8
	水位	超音波水位計	1
	風環境	風向風速計	1

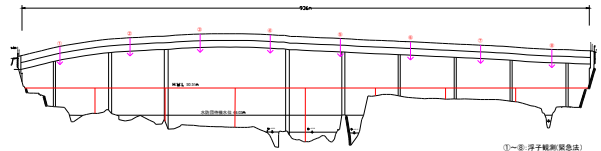


図1 八斗島観測所における測線設定

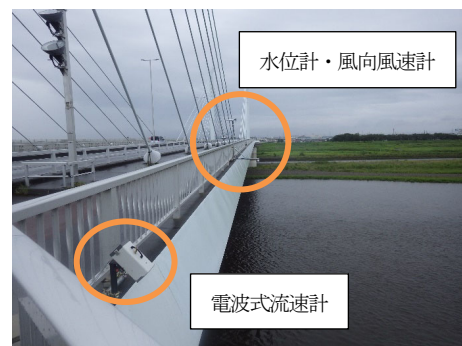


写真1 八斗島における設置状況

表3 観測項目及び数量 (武士)

地点	観測項目	機器名称	数量
武士	表面流速	トレイルカメラ	5
	水位	超音波水位計	1
	風環境	風向風速計	1

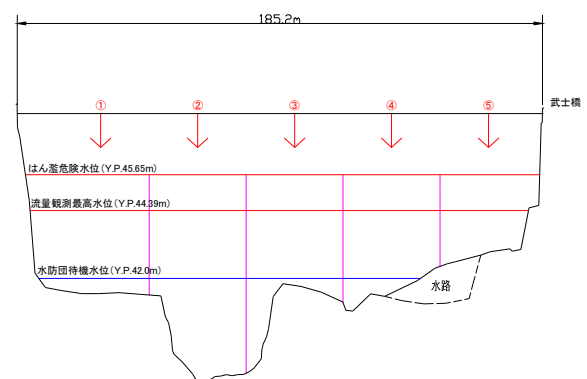


図2 武士観測所における測線設定

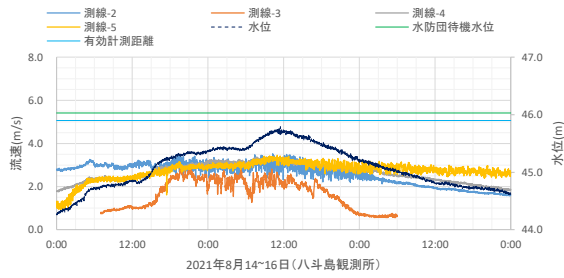


図3 観測結果 (八斗島)

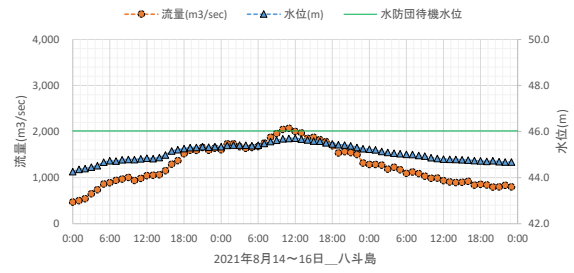


図4 流量計算結果 (八斗島, 出水前断面)

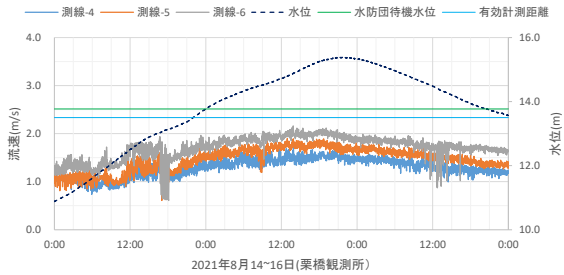


図5 観測結果 (栗橋)

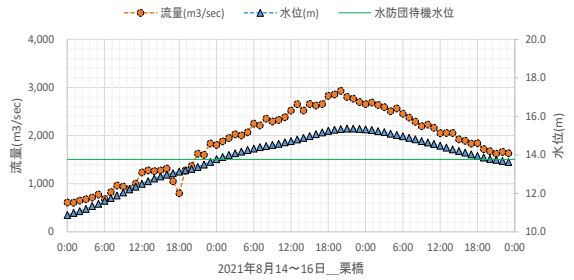


図6 流量計算結果 (栗橋, 出水前断面)

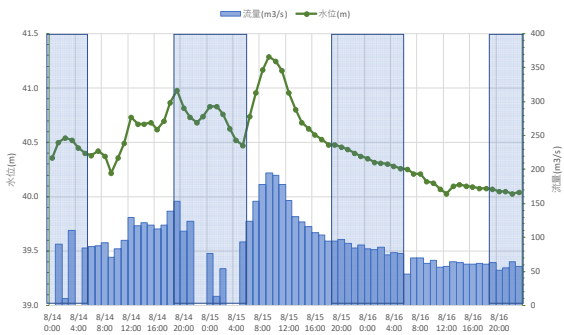


図7 流量計算結果 (武士)



写真2 (武士 測線-3)

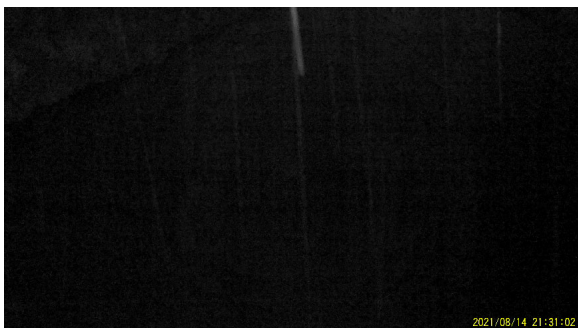


写真3 (小山橋 8/14 21:30)

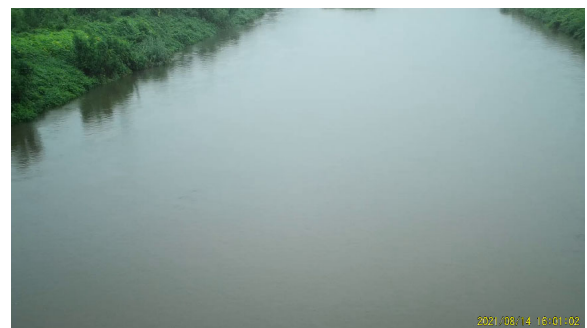


写真4 (小山橋 8/14 16:00)

3. 観測結果

3.1 電波式流速計

図3は、八斗島観測所における観測結果を10分間隔表示に整理したものである。水位は水防団待機水位及び流速計の有効計測距離を下回っているが、計測記録の状態からは正常に稼働していた。

図4は、出水前断面を対象に流量計算をおこなった結果である。ピーク流量は2,075.3 (m³/s) で、その時の水位はY.P. 45.7mであった。また、出水後の断面で流量計算を行った場合、ピーク流量は1,951.5 (m³/s) で、出水前断面で計算した流量のおよそ94%となった。

図5は、栗橋観測所における観測結果を10分間隔表示に整理したものである。水位のピーク付近では、水位は水防団待機水位及び流速計の有効計測距離を上回っていたが、計測値にノイズが確認された。観測結果については、異常値を分離している。

図6は、出水前断面を対象に流量計算をおこなった結果である。ピーク流量は2,687 (m³/s) で、その時の水位はY.P. 15.34mであった。

3.2 画像処理型流速計測法

図7に武士観測所における解析結果を示す。網掛け部分は観測時間が夜間であることを表す。図7に示したとおり、昼間では解析結果として流量が算出されているが、夜間では時間帯によって解析が困難となり、流量が算出されなかった。

写真2は測線-3に設置したトレイルカメラの画像である。定時的な画像撮影は正常に稼働しており、流路全体に波紋を確認できた。

観測所によっては、付近に街灯がなく夜間では波紋、浮遊物が確認できない事例(写真3, 小山橋)や昼間であっても水面が白く反射し波紋の視認性が低下する(写真4, 小山橋)事例がみられた。

4. まとめ・考察

8月の前線降雨時に、電波式流速計または画像処理型流速計測法による流量観測をおこなった。対象とした出水は、多くの観測所で水防団待機水位以下の中程度の出水であったが、電波式流速計・画像処理型流速計測法でも概ね観測できていた。

一方で電波式流速計は、観測所によっては計測値にノイズがみられる等の問題が確認された。ノイズの発生原因としては、出水時の流線方向、斜行、蛇行、渦状の流れ等が関わっていると考えられ、機器の設置位置や角度を調整することで改善が期待される。画像処理型は、昼間の観測では現地状況の様子が画像からわかる等の利点があるものの、従来から指摘されているように夜間の観測に問題があることがわかった。

したがって、流量観測の自動化を進めていくにあたっては、各観測手法の利点・弱点を明確に把握し、観測所ごとに観測機器の選定をしていくことが重要であると考ええる。例えば、利根川では基準地点である八斗島や河川管理上重要な栗橋地点は、観測精度が高く、計測値から流量値の算出が素早く行われる必要があるため、電波式流速計を採用すべきであろう。画像処理型に関しては、電波式流速計と比較して経済性に優れている利点はあるものの、夜間の観測や荒天時で観測が不確実であること、計測値から流量算出までに時間を要すること等から河川計画・管理上で重要な地点には不向きである。

また、実装までの工程についても十分に検討する必要があると考える。予算の都合上、全ての観測所で同時に整備するのは困難である。そのため、流量観測の高度化にあたっては、各観測所の重要性および設置に係る費用などから着手する優先度を決めておき、重要度の高い観測所から整備していくことが現実的と思われる。

今後も継続的に観測を実施し、出水時のデータを蓄積することで、誤差要因の整理や観測精度向上につなげていく必要がある。

参考文献

- 1) 土木研究所：流量観測の高度化マニュアル（高水流量観測編）Ver1.2, Appendix C
- 2) 土木研究所：流量観測の高度化マニュアル（高水流量観測編）Ver1.2, pp57-68