

神通川における 非接触型電波式水位流速計の導入と運用 ～高水流量観測の省力化と安全性の向上～

寺井 萌華¹・栗本 拓也²・北村 秀之¹・工藤 哲也¹

¹富山河川国道事務所 流域治水課（〒930-8537 富山県富山市奥田新町 2-1）

²富山河川国道事務所 総括地域防災調整官（〒930-8537 富山県富山市奥田新町 2-1）

高水流量観測では、洪水時の急激な水位上昇に加え、浮子観測の担い手不足もあり、観測人員と安全の確保が課題となっている。神通川においても同様の課題があり、基準地点である神通大橋観測所へ非接触型電波式水位流速計を導入し、無人・連続観測の運用を 2023 年から開始した。本稿では、導入によって得られた効果と、それによって見えてきた課題を報告する。

キーワード 高水流量観測，電波式水位流速計，省力化，高度化，DX

1. はじめに

神通川は、富山県を貫流して日本海に注ぐ、幹川流路延長 120km、流域面積 2,720km²の一級河川であり、河床勾配が急峻な我が国屈指の急流河川である。

神通大橋観測所は神通川水系河川整備基本方針における基準地点であり¹⁾、気候変動を踏まえ基礎的な水文・流量データの継続的な取得が求められている。こうした背景から、神通川における確実な水位流量観測の実現は防災上重要である。一方で、洪水時の急激な水位上昇や、観測人員の確保と安全の確保が課題となっている。このような課題を踏まえ、富山河川国道事務所では DX の一環として、新技術導入による流量観測の高度化に取り組んでいる。

本稿では、神通川水系の基準地点である神通大橋観測所を対象に、非接触型電波式水位流速計（以下、「電波式水位流速計」という。）を導入し、観測作業の効率化と安全性向上を図る取り組みについて、得られた効果と課題を報告する。



図-1 神通川水系の流量観測所位置図

2. 神通大橋観測所における浮子観測の課題

富山河川国道事務所では、神通川水系の 6 観測所で高水流量観測を実施²⁾しており（図-1），このうち神通大橋観測所は、神通川の基準地点であり、富山市の避難等の判断を行う重要な観測所と位置付けられている（図-2）。

当観測所では、橋上からの浮子観測により高水流量観測を実施してきたが、洪水時の急激な水位上昇や河床変動が発生しやすい急流河川特有の現場条件から、主に次の(1)～(3)が課題となっていた。

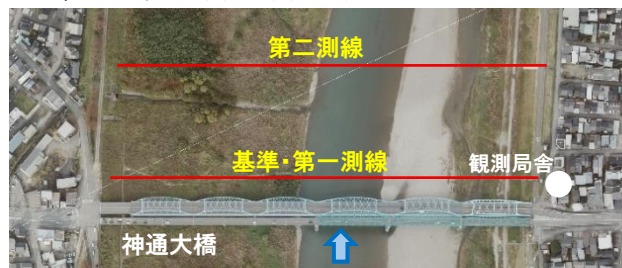


図-2 神通大橋観測所の上空写真(2024 年時点)

(1) 観測員の安全確保

神通大橋観測所は市街地に近く、大洪水時における避難場所の確保が難しい。また、神通川水系では当観測所が最下流の基準観測所となるため、高水流量観測は休日や深夜等を含む長時間に及ぶことも多い（写真-1）。異常出水時には観測員が現地に留まること自体に危険が伴い、避難後も継続して観測を行える体制が必要であった。加えて、浮子観測は 5 人 1 班での実施が基本であり、技術者の減少・高齢化により観測体制の確保が課題となっていた。



写真-1 深夜における高水流量観測の浮子投下状況

(2) 高水観測における迅速化の必要性

浮子による高水流量観測は1回の観測に40分程度の時間を要する。神通川は水位変動が急激であるため(図-3)、観測体制の構築や測定に時間を要すると、水位上昇局面やピーク水位での流量データを取り逃すリスクがある。当観測所では2004年に氾濫危険水位を超過する出水が観測されており(写真-2)、氾濫した場合の社会的影響は極めて大きい。異常出水時にも安定的に水位流量データを取得できる体制の構築が課題となっていた。

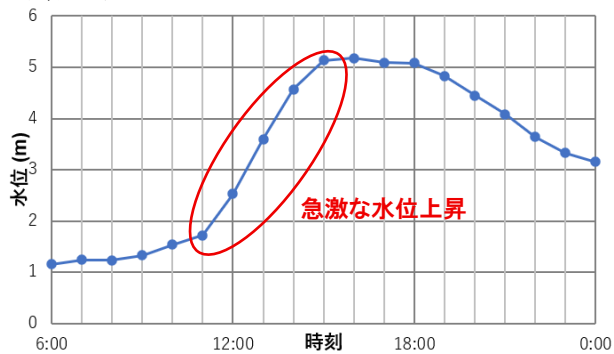


図-3 神通大橋観測所での水位 (2025年6月23日)



写真-2 2004年10月出水(神通大橋付近の様子)

(3) 砂州の形成・移動による水位観測への影響

大きな出水を契機として砂州が形成・移動することがあり(写真-3)、固定点に設置された水位計では砂州の形成に追従できず、安定した水位観測が困難となる場合があった。こうした砂州の形成にも対応できる複数点での水位観測の体制が課題となっていた。



写真-3 砂州の状況 (左:2018年, 右:2026年)

3. 電波式水位流速計の導入

前述の課題に対応するため、神通大橋観測所では2023年7月に電波式水位流速計を2台設置し、運用を開始した。その背景として、平成29年3月の水文観測業務規程の改定において、電波流速計による流量観測が規定され、同年に非接触型流速計測法の手引き(試行版)がまとめられ、観測手法の選定からデータ保管まで一連の仕様が整備されたことが挙げられる³⁾。

(1) 電波式水位流速計の概要

電波式水位流速計(写真-4)は水面へマイクロ波を照射し、照射波と反射波の周波数差(ドップラー効果)から表面流速³⁾、電波の位相差から水位を計測する機器である(図-4)。本機器は首振り機能を備えており、1台で測線上の複数点に電波を照射し、水位・流速を計測できる。洪水時に観測員が水際や橋上で作業する必要がなく、増水した河川に浮子を投下する従来手法に比べて安全性が高い。



写真-4 電波式水位流速計の外観

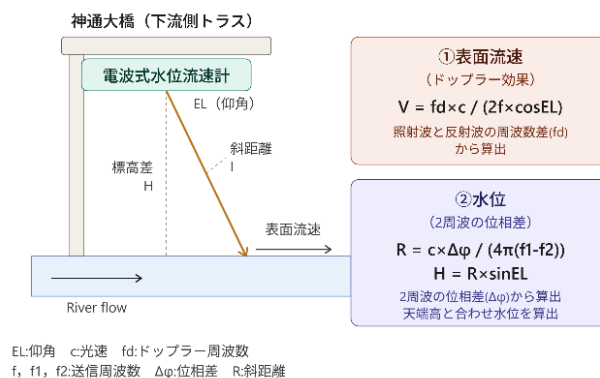


図-4 電波式水位流速計の測定原理

(2) 計測結果のリアルタイム表示

計測した水位・流速はクラウドサーバーへ自動的にアップロードされ、インターネットを通じてリアルタイムに閲覧およびデータのダウンロードが可能である。遠隔からの観測状況の把握とデータ取得が可能となり、自動計測からデータ管理に至る一連の観測業務のDXにつながっている。また、ネットワークカメラを備え付けており、10分間隔で10秒動画も撮影でき、出水状況を確認することができる。

(3) 観測体制

神通大橋の下流右岸側トラスに電波式水位流速計を2台設置した(図-5)。2台の計測幅は合計約207m(1号機:約126m,2号機:約81m)であり、浮子観測の断面割を基準として水面幅を21mピッチで11断面に分割し、観測点を割り振っている(図-6)。



図-5 電波式水位流速計の設置位置と観測範囲

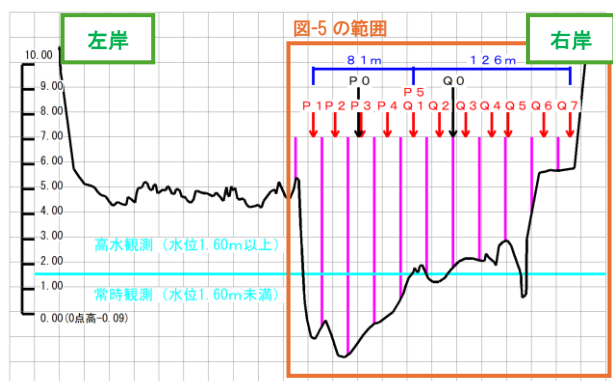


図-6 断面分割と観測点の配置

観測は、基準水位の状況に応じて2つのモードを自動的に切り替える設定とした。各号機は、基準水位が1.60m未満では常時(低水)観測モードとして代表点を1点ずつ計測し、1.60mを超過すると高水観測モードに移行して、首振り機能により事前登録した観測点を巡回計測する。いずれのモードでも10分間隔で水位・流速などのデータを取得する(表-1)。

表-1 電波式水位流速計の観測諸元

項目	内容
観測間隔	10分毎
常時(低水)観測	代表2点/回
高水観測	最大12点/回

4. 導入による作業効率と安全性の向上

電波式水位流速計の導入により、従来の浮子観測が抱えていた課題に対して、作業効率と安全性の両面で次のような効果が確認された。以下では、砂州の移動への対応、安全性、観測サイクルの短縮および外業の省力化の各観点から、その効果を整理する。

(1) 無人・連続観測による安全性の向上

電波式水位流速計は、基準水位の超過を契機として自動的に高水観測モードへ移行し、以降は無人で観測を継続する。これにより、避難場所の確保が難しい当観測所においても、異常出水時に観測員が危険を冒して現地で観測を行う必要がなくなり、避難後においても防災情報を継続して取得できる体制が実現した。なお、防災判断の一次情報である水位を対象に、2025年6月23日の出水において、当観測所で水防判断の基準として運用されている主水位計(電波式)の観測値と、電波式水位流速計の観測値を比較したところ、両者は概ね一致しており(図-7)、各種水位段階の超過状況を的確に捉え、防災情報の判断に幅広く活用できることを確認した。

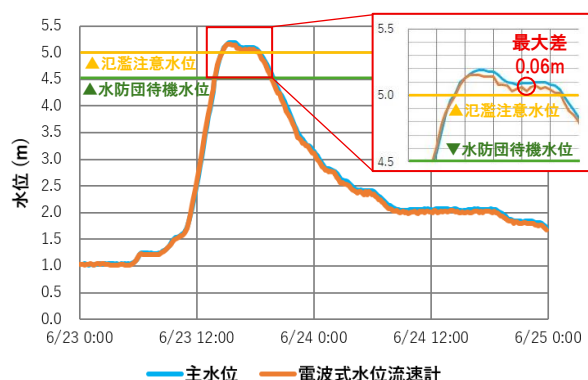


図-7 主水位計と電波式水位流速計による水位比較

(2) 観測サイクルの短縮と外業の省力化

電波式水位流速計は10分間隔で自動的に多点計測を行うため、1回の観測に約40分を要していた浮子観測と比較して観測サイクルが大幅に短縮された。水位変動が急激な神通川においても、水位上昇局面からピーク、下降局面までを連続的に捉えることが可能となり、ピーク水位付近のデータを取り逃すリスクが解消された。

例えば2025年6月23日の出水では、14時に水防団待機水位の4.50m、14時40分に氾濫注意水位の5.00mを超過し、15時30分にピーク水位の5.19mに達した。この一連の出水において、電波式水位流速計は10分間隔で、水位上昇からピーク、下降に至る1出水の全過程を無人で連続的に記録できた。

実際の運用では、2023年7月の計測開始から約3年間で45回程度の出水で稼働しており、1出水当たり数百点に及ぶ流速データを取得している(図-8)。

浮子観測では捉えきれない細かな水位・流速の時間変化を、無人で連続的に記録できている。取得されたデータは、水位流量曲線の精度向上に資するものであり、観測の効率化と同時にデータの質の面でも期待できる。

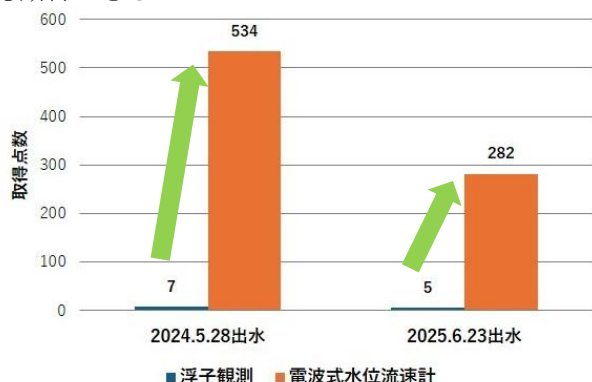


図-8 浮子観測と電波式水位流速計の取得点数比較

また、機器が自動で観測を行うため、出水のたびに観測員が作業する外業が不要となった。浮子観測では、1回の出水に対して水位上昇時・ピーク時・下降時と複数回の観測を行うことが望ましく、観測所の数だけ観測員を動員する必要があるほか、出水規模が大きく観測が長時間に及ぶほど投入する人員と時間は増大する。これに対し電波式水位流速計では、観測回数が増えても外業の負担が増加せず、人員や費用の増加を抑えることができる(表-2)。

表-2 1観測に要する労力の比較

項目	浮子観測	電波式水位流速計
時間	約 40 分	10 分 (無人)
人数	5 人 (1 班)	0 人 (無人)

(3) 砂州の形成・移動への対応

電波式水位流速計は首振り機能を備え、砂州の移動に応じて基準断面上における複数点の水位・流速を巡回計測できる。これにより、固定式の水計では追従が難しかった河道形状の変化にも、柔軟に対応できるようになった。このように複数点を柔軟に計測できることは、砂州が形成・移動しやすい急流河川において観測の継続性の向上につながると考える。

5. 運用を通じて見えてきた課題と要因の検証

作業効率と安全性の面で大きな効果が得られた一方で、運用を通じて次のような課題も明らかとなった。これらのうち、浮子観測との差異については、その要因を UAV で撮影した動画を用いた PIV 解析により検証した。

(1) 異常値・欠測への対応

高水観測モード中の首振り観測において、一部の観測点で異常値(飛び値)や欠測が発生する場合があった。特に測線 1 の P1 および測線 9 の Q5 では、運用当初、河岸際や草木の影響により、欠測が多く発生していた。これに対し、両測線とも電波の照射位置を変更する(写真-5)ことで、欠測率が最大で 18%削減でき、比較的安定した流速を取得できるようになった(図-9)。一方で、その観測点で得られた流速を区分断面の代表流速として扱ってよいかが課題となっているため、データを蓄積しながら、各区分断面を代表する流速の取り方を整理していく。



写真-5 P1 の照射位置(左:変更前, 右:変更後)



図-9 欠測率の比較

(2) 内業時間の増加

電波式水位流速計は 10 分間隔で断面内の複数測線を連続的に計測するため、1回の出水で取得されるデータ点数は浮子観測に比べて大幅に多くなる。一方で、現時点ではこれらの大量データを処理して流量を算出する専用の解析ソフトが整備されておらず、異常値の除去、欠測補完、流量への換算の多くを手作業で行う必要がある。外業が大幅に省力化された一方、データ処理に係る内業の作業量は増加する傾向がみられた。例えば 2025 年 6 月 23 日の出水では、解析に 3.5 時間を要し(図-10)、浮子観測 5 回の実績と比べて約 1.8 倍の時間を要していた。

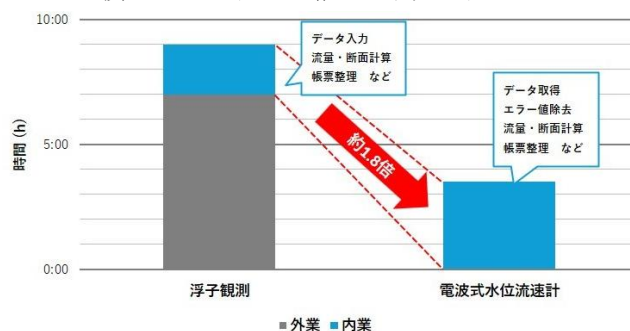


図-10 2025 年 6 月 23 日出水の作業時間の内訳

(3) 高水敷の観測について

現在の観測設定は低水路を対象としており、2台の電波式水位流速計で断面を分担して計測する構成としている。このため、出水規模が大きく左岸側の高水敷まで冠水する場合には、観測することができない。神通大橋観測所では、概ね3年に1回程度の頻度で高水敷が冠水する出水が発生しており、大規模出水時に断面全体の流量を把握する場合は、課題が残る。高水敷を含めて観測するには電波式水位流速計をさらに2台程度増設する必要があると見込まれるが、増設に要する費用や維持管理の負担、断面全体を観測することで得られる効果などを総合的に勘案し、増設の可否を判断する必要がある。

(4) 浮子観測との整合性

2025年6月23日の観測結果より、電波式水位流速計から算出した流量と、浮子観測による流量を比較したところ、全体として浮子観測の流量に対して電波式水位流速計の流量が約25%小さい傾向を示した。また、この差は出水中を通じて一様ではなく、水位上昇からピーク付近にかけては26%～28%と最も大きく、下降に向かってにつれて縮小する傾向を示した(図-11)。

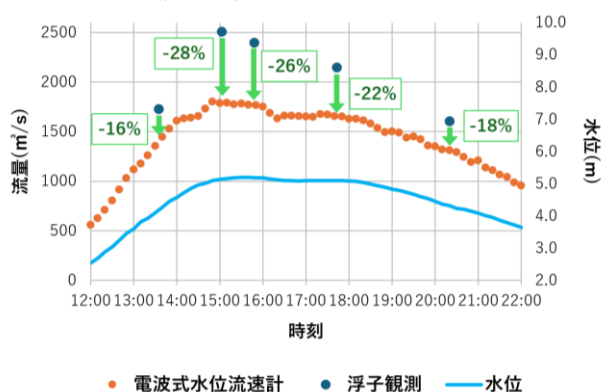


図-11 流量と水位の時系列比較

なお、両手法の流量算出方法は異なり、浮子観測では2mの浮子を投下し、100mの流下時間に修正係数0.94を乗じて流量を算出した。一方、電波式水位流速計は各区分断面内の1点の表面流速を代表流速とし、修正係数0.85を乗じて流量を算出した³⁾。この算出方法の違いのみでは上記の差を説明できない。そこで、差の要因を検証するため、1点計測(電波式)や1本の軌跡(浮子)では捉えられない流況を面的に把握できる技術として、同出水の4回目の観測に合わせてUAVを飛行させ、洪水時の流況を撮影して「Particle Image Velocimetry: 粒子画像流速測定法(以下、「PIV解析」という。)」により表面流速分布の把握を行った⁴⁾。撮影条件はDJI Matrice 300 RTKにカメラZenmuse P1を用い、解像度3,840×2,160ピクセル、60fps、35mmレンズで撮影した。そこで得られたPIV解析の結果を用いて、浮子観測時間帯の9分30秒間の動画から算出した平均値(図-12)をもとに、基準断面における電波式水

位流速計・浮子観測の流速と比較した(図-13)。電波式水位流速計とPIVはほぼ一致する値を示した一方、両者とも全測線で浮子観測より流速が小さく、特に測線2と測線5はその差が最も大きい結果を得た。(測線7の流速低下は、別計測機器の影響である。)

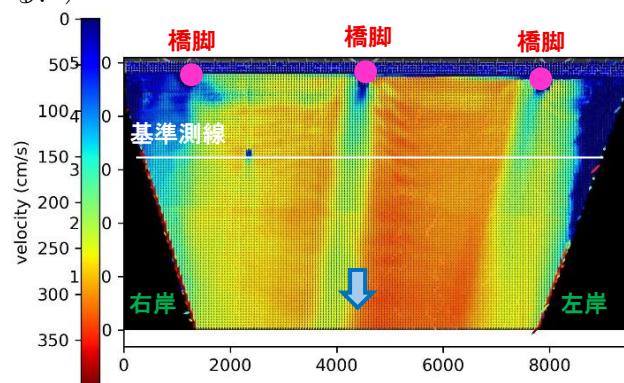


図-12 PIV解析結果(表面流速分布)

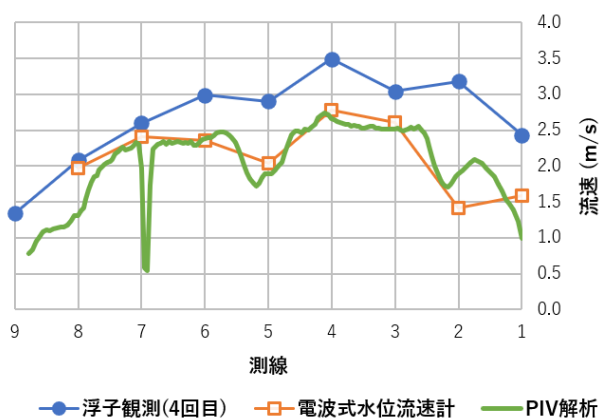


図-13 PIV・電波式水位流速計・浮子流速の比較

PIV解析により、流量差が生じる要因は大きく3点が考えられた。1点目は、橋脚後流の影響である。橋脚から下流にかけて流速が周囲に比べて極端に遅くなる領域が確認された。電波式水位流速計はあらかじめ設定した観測点の表面流速を計測するため、この後流(流速が低下した領域)に照射点が重なる測線では、流速が小さく計測されている。

2点目は、基準測線から下流にかけて流れが加速し、縦断方向の流速分布が一様でないことである。これは、下流に向かって断面積が小さくなることで流速が増す現象であり、PIV解析による流速分布とも整合する。こうした縦断方向に非一様な流速の構造は、点的な計測値だけでは把握が難しく、PIV解析によって面的な流速分布として可視化することで捉えることができた。

3点目は、浮子が流速の速い箇所へ偏流したことである。4回目の浮子観測と同時にUAVによる動画撮影を行っていることから、撮影動画から投下した浮子を追跡し、PIV解析による流速分布と重ね合わせることで、浮子が断面内のどの領域を流下したかを確認した(図-14)。その結果、浮子は全体的に直

進せず流速が速い右岸側へ寄って流下し、区分断面から外れる測線が確認された。特に測線 5 では、浮子が流下開始時から区分断面の中央ではなく右岸側に寄っており、これは測線 5 が橋脚後流内に位置し、投下した浮子が不規則な流れによって流路を大きく外れたと考えられる。

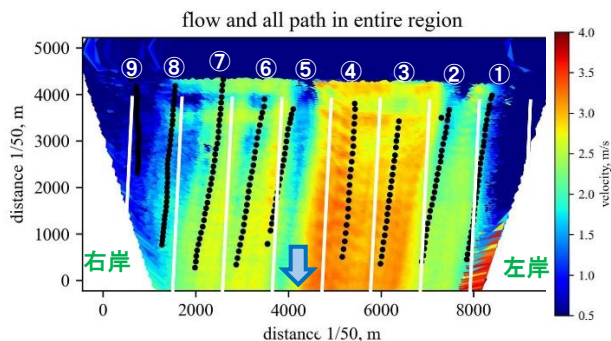


図-14 流速分布と浮子軌跡の重ね合わせ

以上より、電波式水位流速計は、橋脚後流による局所的な流速低下も含めて、PIV 解析とほぼ一致する値を示しており、当該地点の流況を精度良く捉えていると考えられる。一方、浮子観測との流量差については、当観測所が下流にかけて流速が加速する特性を持つ地点であることに加え、浮子が横断方向に流速の速い箇所へ偏流したことで、区分断面の代表流速を正しく捉えられていない可能性が高い。

6. 今後の取り組み

本取り組みを通じて明らかとなった課題に対し、今後は次のように取り組んでいく。

第一に、データ処理の自動化である。異常値の除去・欠測の補完から流量算出までを手作業で行っている現状は、内業の負担増加の一因となっている。今後は、これらの処理を効率化・自動化する方法の検討を進め、改善を図っていく。その際、どの観測所でも適用できる汎用的な処理手法とすることで、他観測所への展開にも資すると考える。

第二に、浮子観測との差異への対応である。PIV 解析により、橋脚から下流にかけて流速が周囲に比べて極端に遅くなる領域が確認されており、横断方向の流速分布には偏りがあるという特徴がある。橋脚後流に照射点が重なる測線では、電波式水位流速計の流速が小さく計測されることから、今後は、後流の影響を考慮して区分断面数や断面幅を見直し、後流内を 1 つの区分断面とするなど、代表流速を適切に捉えられる区分断面の設定を検討し、計測精度のさらなる向上を図る。

第三に、高水敷を含めた断面全体の観測である。現在は低水路を対象としているため、大規模出水時に断面全体の流量を把握できない課題が残る。観測精度の向上と増設費用とのバランスを踏まえ、断面全体を観測する体制のあり方を検討していく。

7. まとめ

本稿では、神通川の基準地点である神通大橋観測所に非接触型電波式水位流速計を導入し、観測作業の効率化と安全性向上を図る取り組みについて報告した。得られた成果は次のとおりである。

2 台の電波式水位流速計による無人・連続観測体制の構築により、異常出水時にも観測員の安全を確保しつつ防災情報を継続取得できるようになった。特に、従来の浮子観測では洪水時に観測員が橋上で長時間の作業を行う必要があったが、本システムでは基準水位超過後も無人で観測を継続できるため、危険な現地作業をなくした。また、10 分間隔の多点自動計測により観測サイクルが短縮され、ピーク水位付近のデータの取り逃しの解消と外業の省力化に大きく寄与することが確認できた。さらに、首振り機能により、砂州が形成・移動しやすい急流河川特有の河道変化にも柔軟に対応できるようになった。これらにより、継続した観測省力化と観測員の安全確保を両立できる体制を実現した。

一方、運用を通じて、異常値・欠測への対応、内業の増加、高水敷の観測、浮子観測との差異といった課題も明らかとなった。このうち浮子観測との差異については、UAV で撮影した動画を用いた PIV 解析により検証した。その結果、電波式水位流速計は PIV とほぼ一致する傾向を示す一方、当観測所が下流にかけて流速の加速する地点であることに加え、浮子が流速の速い箇所へ偏流したことが、差異の要因であると確認した。

本取り組みで得られた知見は、神通川のみならず、同様の条件を有する他河川への展開にも資すると考えられる。新技術の導入と検証を積み重ね、防災情報の確実な取得と観測業務の持続可能性の両立を図っていきたい。

謝辞：本稿の執筆にあたり、ご協力をいただいた国立研究開発法人土木研究所の皆様、北陸コンサルタント株式会社の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：神通川水系河川整備基本方針
2008 年 6 月
- 2) 北陸コンサルタント株式会社：令和 7 年度神通川流量観測業務
- 3) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川情報企画室：非接触型流速計測法の手引き(案)2023 年 3 月
- 4) 国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ 河道監視・水文チーム 一般財団法人北海道河川財団：UAV を用いた水文観測マニュアル(案)(Ver1.0)
2024 年 3 月