

画像解析を用いた非接触型流量観測 — 釧路開発建設部管内における試行的観測事例 —

釧路開発建設部 治水課 ○中野 龍己
釧路開発建設部 治水課 大野 智樹
(株) 北開水工コンサルタント 浅川 大輔

出水時における流量観測では、観測員の安全確保や人員確保、現地条件等により、従来の浮子観測による対応が困難となる場合がある。釧路開発建設部では、画像解析を用いた非接触型流量観測を試行的に実施した観測事例を整理し、現場への実装に向けた今後の検討に資することを目的として報告する。

キーワード：高水流量観測、非接触型流量観測、画像解析

1. はじめに

釧路開発建設部管内（以下、釧路管内）において出水時における流量観測は、これまで浮子観測を基本として実施されてきたが（図-1）、出水時には観測員の安全確保や人員確保、現地条件等の制約により、観測の実施が困難となる場合がある。特に、水位の急激な上昇等が生じた場合には、水位ピーク時前後の流量データを取得できない事例も生じている。平成30年3月9日の出水では、弟子屈町市街地が冠水し、従来の浮子観測による流量観測が実施できなかった。このような事例は、人が現地へ立ち入ることを前提とした従来の観測手法における課題を示すものである。

こうした状況を背景として、近年、画像解析を用いた非接触型流量観測が試行されており、出水時においても安全かつ継続的な流量データの取得が可能な観測手法として注目されている。釧路開発建設部では、弟子屈観測所および標茶観測所（図-2）において画像解析を用いた非接触型流量観測を試行的に実施している。本研究では、これらの観測事例を整理し、画像解析を用いた非接触型流量観測の実務への適用に向けた課題と今後の方向性について検討する。



図-1 釧路管内における浮子観測

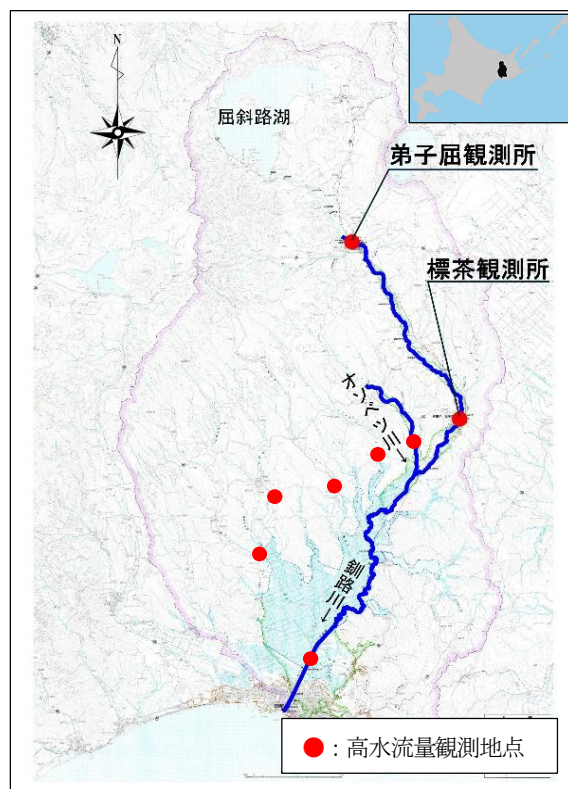


図-2 釧路管内の高水流量観測地点

2. 従来の流量観測と非接触型流量観測の概要

(1) 従来の流量観測（浮子観測）

流量観測は、河川の流況把握や出水時の状況把握等を目的として実施されており、釧路管内においては、これまで浮子観測を基本として行われてきた。浮子観測は、河道断面における流速を直接計測し、流量を算出する手法であり、長年にわたり実務に用いられてきた実績のあ

る観測方法である。

一方、この手法は出水時に観測員が現地へ立ち入る必要があることから、水位の急激な上昇や悪天候時には安全確保が課題となるほか、夜間や休日を含めた人員確保、現地条件によっては観測そのものが実施できない場合がある。このため、出水規模や状況によっては、水位ピーク時前後の流量データを十分に取得できない事例も生じている。

(2) 非接触型流量観測の概要

近年、流量観測においては、観測員が直接水面や河道へ接近することなく流速・流量を把握する非接触型流量観測が試行されている。非接触型流量観測は、電波流速計や画像解析を用いて水面流速を計測し、流量を算出する手法であり、出水時においても比較的安全に観測を行うことが可能である。

特に、画像解析を用いた流量観測は、カメラを設置することで取得した映像から、流速を算出できるため、観測員の安全性向上や省力化、連続観測の面で利点を有している。一方で、設置条件や撮影環境、河道特性等により観測精度や適用範囲が左右されることから、現地条件に応じた検証や運用上の工夫が求められる。

(3) 本研究における位置づけ

本研究では、画像解析を用いた非接触型流量観測について、従来の浮子観測に代わる手法となり得る可能性を念頭に置きつつ、実務への適用を見据えた試行段階の取組として位置づけ、釧路管内における観測事例の整理を行うものである。現時点では、従来手法との完全な代替性を結論づけるものではないが、今後の観測手法の選択や移行検討に資する基礎資料とすることを目的とする。

3. 対象河川および観測地点の概要

(1) 対象河川の概要

釧路管内には、一級河川の釧路川をはじめとする複数の支川が存在しており、流域内には市街地や農地が広がるとともに、湿原部を有するなど、河川特性や周辺環境は地点ごとに異なっている。これらの河川では、出水時における流量把握が重要である一方、現地条件やアクセス条件等により、従来の浮子観測による流量観測の実施が困難となる場合がある。

本研究では、こうした釧路管内の河川を対象として整理した。

(2) 観測所の概要

観測所は、釧路管内に位置する弟子屈観測所および標茶観測所の2地点とした。各観測所の河川諸元や過去の出水状況等については、次節において整理する。

(3) 各観測所の特徴 (図-3)

(a) 弟子屈観測所

弟子屈観測所は、釧路川上流KP74.7に位置する第1種観測所である。

平成30年3月9日の出水時には、弟子屈市街地において道路の冠水が発生し、観測所へのアクセスが不能となったことから、従来の浮子観測による流量観測が実施できなかった。このように、出水時に人的観測が制約を受ける可能性を有する地点である。



図-3 弟子屈観測所

(b) 標茶観測所 (図-4)

標茶観測所は、釧路川の基準地点として釧路川中流KP46.1に位置する第1種観測所である。

近年の出水では、平成30年3月に危険水位を超過しているほか、平成28年8月および令和2年3月には避難判断水位を超過しており、出水時の流況把握が重要となる地点である。



図-4 標茶観測所

4. 観測方法および実施条件

(1) 観測方法の概要

本研究における非接触型流量観測は、画像解析を用いた方法により実施した。各観測地点には2機種のカメラ（遠赤外線カメラと高感度カメラ）を常設し、出水時における水面の映像を取得したうえで、取得した映像を用いて流速および流量の算出を行った。観測は、出水時において現地条件等を考慮しながら、随時実施するものと

した。

画像解析による流量観測手法としては、STIV (Space-Time Image Velocimetry) 法を用いた。STIV法は、水面の流下に伴う輝度変化を時空間画像として解析し、水面流速を算出する手法であり、河道へ立ち入ることなく流速を把握できる点に特徴を有している。

(2) カメラの設置位置

カメラは、既存構造物等を利用して水面を撮影可能な位置に設置した。設置にあたっては、出水時においても水面全体または解析対象範囲を安定して撮影できることを基本条件とし、河道条件や視野条件を踏まえて設置位置を決定した。

また、観測機器の設置にあたっては、周辺環境や維持管理の容易性に配慮するとともに、出水時の安全性を確保できる配置とした (図-5)。

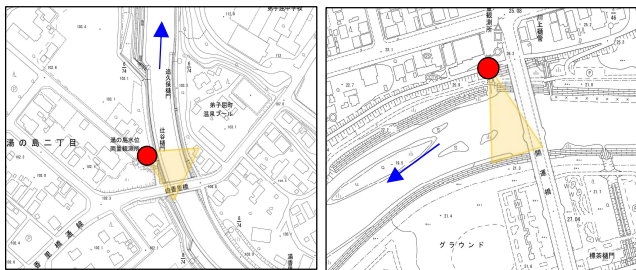


図-5 カメラ設置位置平面図

(左：弟子屈観測所、右：標茶観測所)

(3) カメラの設置条件

(a) 弟子屈観測所

弟子屈観測所では、河岸の既存構造物を利用し、地上約7mの位置にカメラを設置した。設置位置は、出水時においても水面全体を俯瞰的に撮影できること、ならびに漂流物や水位上昇の影響を受けにくいことを考慮して選定した (図-6および図-7)。

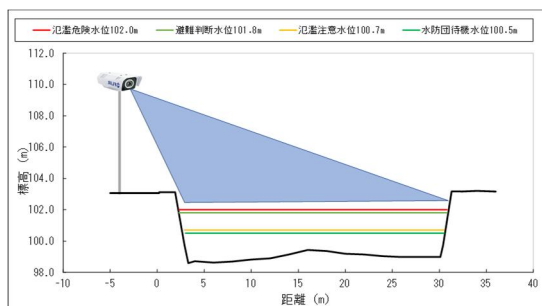


図-6 設置横断概念図 (弟子屈観測所)

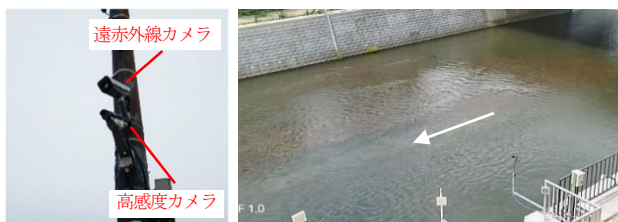


図-7 カメラ設置状況 (弟子屈観測所)

(b) 標茶観測所

標茶観測所は、堤々間が約210mと、観測対象範囲が大きいことから、本研究では低水路内の流況を主な解析対象とした。なお、カメラは弟子屈観測所と同様に、地上約7mの位置に設置し、低水路内の水面が安定して撮影できる配置とした (図-8および図-9)。

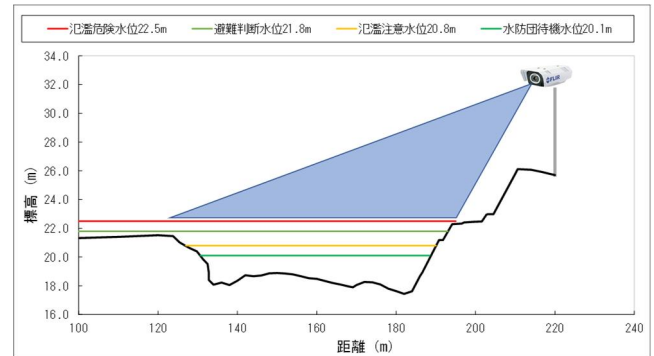


図-8 設置横断概念図 (標茶観測所)



図-9 カメラ設置状況 (標茶観測所)

(4) カメラの撮影条件

(a) 弟子屈観測所

弟子屈観測所では、遠赤外線カメラの13mmおよび19mmレンズを用いて、撮影結果の比較を行った。その結果、13mmレンズを用いた場合には、撮影範囲手前までを画角内に収めることが可能であり、流下方向に形成される水面の波紋を捉えられることが確認された。

一方、19mmレンズでは望遠側にシフトしていることから、撮影範囲手前が画角に収まらないことが確認された (図-10)。

以上の結果から、弟子屈観測所では、13mmレンズを用いた撮影条件が適していると判断した。

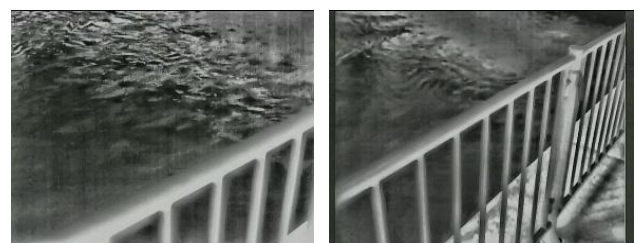


図-10 弟子屈観測所レンズ比較

(左：19mm レンズ、右：13mm レンズ)

(b) 標茶観測所

標茶観測所では、遠赤外線カメラの13mmおよび19mmレンズを用いて撮影結果の比較を行った。13mmレンズ

は広範囲の撮影が可能である一方、砂州奥側の水面波紋は不鮮明であった。19mmレンズは撮影範囲が限定されるものの、水面波紋を鮮明に捉えることができた（図-11）。以上の結果から、低水路内を撮影対象とする場合、19mmレンズが適していると判断した。



図-11 標茶観測所レンズ比較
(左：19mm レンズ、右：13mm レンズ)

(5) 流速測線の設定および流量算出の考え方

画像解析を用いた非接触型流量観測では、水面映像上に設定した流速測線から流速情報を取得し、流量算出に用いる。本研究においても、解析対象とする水面範囲に対して流速測線を設定し、流下方向の水面変化を基に流速を算出した。

流速測線は、解析対象とする水面範囲に対して横断方向に複数設定し、低水路内の流況を代表できるように配置した。各測線において算出された流速情報は、断面内の代表的な流速として整理し、流量算出に用いた。

以上の方法により、弟子屈観測所および標茶観測所において、水面映像を基にした流速情報の取得および流量算出が可能であることを確認した。

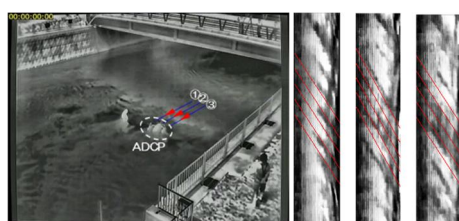


図-12 弟子屈観測所の流速測線
(左：測線配置、右：STI処理画像)

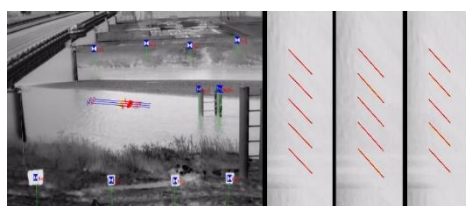


図-13 標茶観測所の流速測線
(左：測線配置、右：STI処理画像)

(6) 画像鮮明化装置の概要および適用

本研究では、低照度条件や降雨時における画像視認性の低下に対応するため、画像鮮明化装置を併用した。

本装置は、取得した映像に対して輝度強調処理およびコントラスト補正を行うものであり、水面と流跡の判別性を向上させることを目的としている。

特に、夜間や降雨時など照度条件が不利な状況においては、原画像では流跡の判別が困難となる場合があるが、本装置を適用することで流速解析に必要な視認性を一定程度確保することが可能となった。

ただし、本装置の効果は照度条件や水面状態に依存するため、常に適用可能であるとは限らず、観測条件に応じた使用判断が必要である。

画像鮮明化装置の有無による撮影結果を確認したところ、弟子屈観測所および標茶観測所のいずれにおいても、装置を用いた場合には水面の輝度変化が強調され、流下方向の波紋が視認しやすくなる傾向が確認された（図-14および図-15）。



図-14 弟子屈観測所の画像鮮明化装置比較
(左：なし、右：あり)

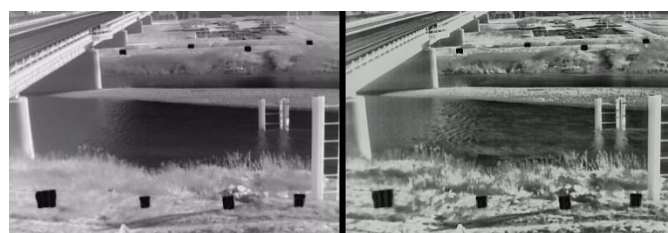


図-15 標茶観測所の画像鮮明化装置比較
(左：なし、右：あり)

5. 観測結果および検証

(1) 観測結果の概要

本章では、弟子屈観測所および標茶観測所において実施した、画像解析を用いた非接触型流量観測の結果について整理する。観測結果は、算出された流量が水位-流量関係式に基づく想定範囲内に収まっているかを確認する予測区間チェックシートと、従来法による観測結果や過年度データとの整合性を確認する整合性チェックシートを用いて整理し、各観測所における算出流量と既往データとの関係性を確認した。

(2) 弟子屈観測所

弟子屈観測所では、画像解析を用いた非接触型流量観測を実施し、出水時に取得した水面映像を用いてSTIV法による解析を行った（表-1および図-16）。

表-1 画像解析結果（弟子屈観測所）

No.	年月日時	水位 (m)	流量 (m^3/s)	水深 (m)
1	2024/3/29 16:00	99.77	17.07	1.15
2	2024/3/29 19:00	99.91	24.53	1.29
3	2024/3/29 22:00	99.99	28.26	1.37
4	2024/3/30 6:00	99.84	21.26	1.22

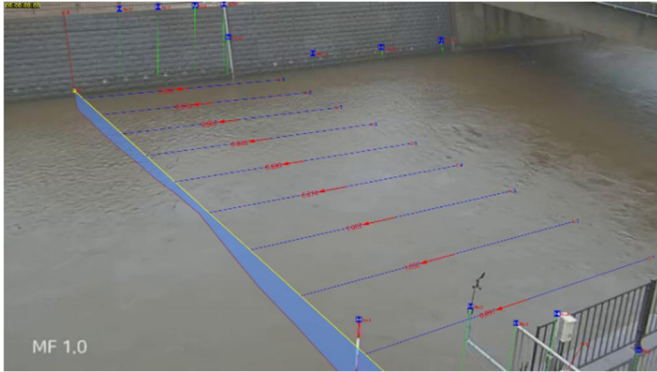


図-16 画像解析映像（弟子屈観測所）

その結果、予測区間チェックシートにおいて、画像解析による算出流量は95%予測区間の範囲内に分布していることが確認され、水位上昇に伴う流況の変化を捉えた流量データを、出水時において取得可能であることが確認された（図-17）。

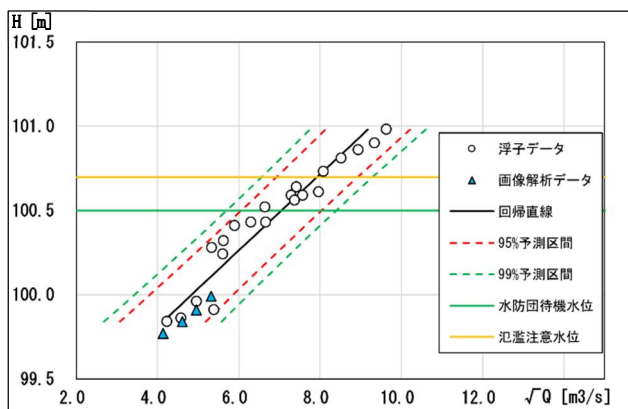


図-17 予測区間チェックシート（弟子屈観測所）

(3) 標茶観測所

標茶観測所では、画像解析を用いた非接触型流量観測に加え、従来の浮子観測を併せて実施し、複数の観測手法によるデータを取得した。取得した水面映像については、STIV法を用いて解析を行った（表-2および図-18）。

表-2 画像解析結果（標茶観測所）

No.	年月日時	水位 (m)	流量 (m^3/s)	水深 (m)
1	2025/11/1 15:40	19.59	70.23	2.13

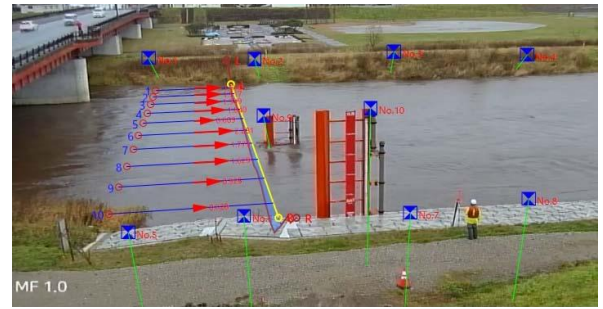


図-18 画像解析映像（標茶観測所）

整合性チェックシートを確認すると、プロットしたデータは出水規模が0-10%の範囲に対して、浮子観測流量に対する相対差は、-20%-0%の許容範囲内に収まっていることが確認された（図-19）。

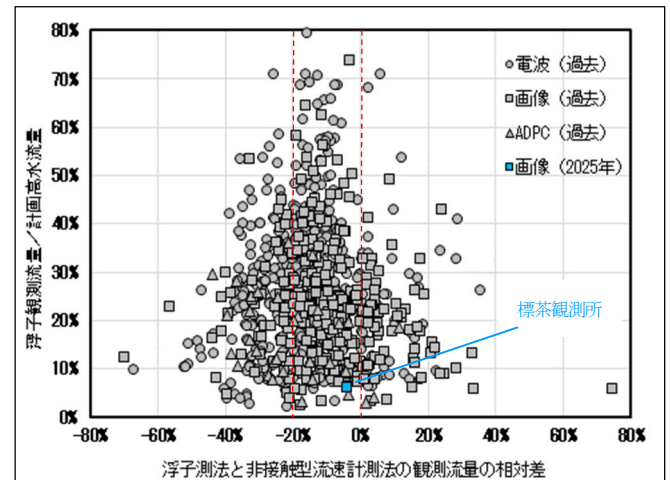


図-19 整合性チェックシート

また、予測区間チェックシートにおいては、画像解析による算出流量が95%予測区間の範囲内に分布していることが確認され、出水時において非接触型流量観測による流量データが、既往データとの関係性を踏まえた範囲内で取得されていることが確認された（図-20）。

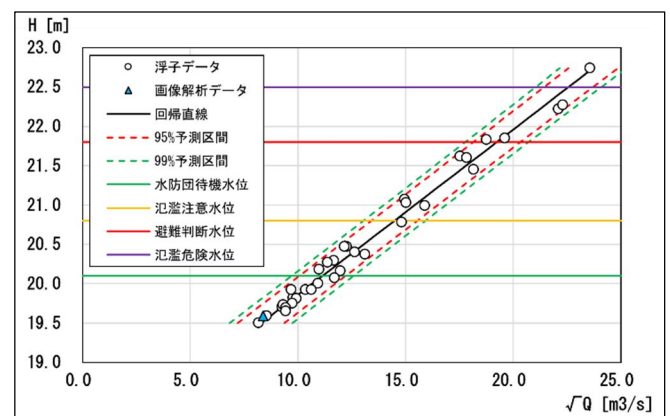


図-20 予測区間チェックシート（標茶観測所）

(4) 観測結果の整理

弟子屈観測所および標茶観測所における観測結果から、画像解析を用いた非接触型流量観測では、出水時において取得した算出流量が、予測区間チェックシートおよび整合性チェックシートに基づき、既往データとの関係性を踏まえた範囲内に分布していることが確認された。

6. 考察

(1) 非接触型流量観測の運用上の有効性

弟子屈観測所および標茶観測所における観測事例から、画像解析を用いた非接触型流量観測は、出水時において現地での人的対応を最小限に抑えた形で流量データを取得できる手法である。

ここで、第5章に示した予測区間チェックシートは、既往の水位-流量関係からの著しい乖離の有無を把握するための指標であり、算出流量が95%予測区間内に分布していることは、既往データとの関係性を踏まえた範囲内で流量が算出されていることを示すものと判断される。

また、整合性チェックシートは、浮子観測流量と非接触型流量観測による算出流量の相対差を用いて、両手法の対応関係を確認するための指標であり、許容範囲内に収まっていることは、出水時においても一定の精度が確保されていることを示唆するものと判断される。

第5章に示したとおり、予測区間チェックシートおよび整合性チェックシートにおいて、非接触型流量観測による算出流量が、既往データとの関係性を踏まえた範囲内に収まっていることが確認されたことから、出水時における流量把握手法として、一定の有効性を有しているものと考えられる。

(2) 観測事例の蓄積の重要性

本研究では、弟子屈観測所および標茶観測所において画像解析を用いた非接触型流量観測を試行的に実施したが、出水の発生状況や規模には年ごとのばらつきがあり、必ずしも毎年同様の条件で観測が実施できるとは限らない。

このため、限られた観測機会を捉え、継続的に観測事例を蓄積していくことが重要である。

観測事例の蓄積により、出水規模や観測条件の違いによる影響を整理することが可能となり、画像解析による流量観測の適用範囲や運用上の課題について、より具体的な検討が行えるものと考えられる。

(3) 浮子観測からの移行に向けた考え方

標茶観測所における観測事例では、画像解析による流量観測と浮子観測を併せて実施しており、両手法の関係性を整理するための基礎的な情報を得ることができた。

今後、観測事例を積み重ねることで、非接触型流量観測特性や留意点が明確になれば、従来の浮子観測に代わる手法としての活用が可能となる。河川管理における、出水時の安全確保や人員確保といった観点から、非接触型流量観測の活用が有効な手法であることから、今後は観測結果の整理を通じて、観測手法の選択や移行に向けた判断材料を整えていくことが重要である。

7. おわりに

本研究では、弟子屈観測所および標茶観測所において、画像解析を用いた非接触型流量観測を試行的に実施し、既往データとの関係性を踏まえた範囲内で流量データが取得されていることを確認した。

画像解析による流量観測は、出水時において現地での人的対応を最小限に抑えながら流量データを取得できる点で、従来の浮子観測に対する代替手法としての有用な観測手法であることが確認された。

一方で、観測条件や河道特性、出水規模等により観測結果に影響が生じることも想定されることから、今後は観測事例の継続的なデータ蓄積を通じて、運用上の留意点や課題について整理していく必要がある。

今後、釧路川において非接触型流量観測が有用と判断された場合には、従来の浮子観測からの移行も視野に入れつつ、観測手法の選択や運用体制について検討を進めていくことが重要である。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所 水工研究グループ水文チーム：流量観測の高度化マニュアル（高水流量観測編）Ver1.2, 2016.
- 2) 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），令和5年3月.
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局 河川計画課：水文観測データ品質照査の手引き（改定案）令和5年3月.
- 4) 国土交通省 水管理・国土保全局：河川砂防技術基準 調査編，第2章 第4節4.8 非接触型流速計測法，令和5年10月.