流量観測高度化の移行に向けて

田中　俊佑

国土交通省 中部地方整備局 河川部 河川環境課（〒460-8514 愛知県名古屋市中区三の丸2-5-1）

中部地方整備局では2015年度から流量観測の高度化に向けた取り組みをしており，電波流速計及び画像処理型流速測定法を主とした非接触型流速計測法による流量観測の検証を実施してきた．検証の結果，従来（浮子）観測との相違や実運用上の様々な課題があり，高度化移行に向けての状況について紹介する．

キーワード　水文観測，流量観測，高度化，革新的河川技術プロジェクト，働き方改革

1. はじめに

近年の洪水被害の頻発化・激甚化により，河川計画を検討・作成する上で基本となる流量観測の重要性がより高まっている．従来の浮子測法による流量観測では，観測員の安全性や人員の確保、大規模洪水時の観測データの欠測や担い手不足の課題が長年指摘されており，無人化・省力化が期待できる非接触型流速計への観測手法への切り替えが急務となっている．

中部地方整備局では，2015年度から，非接触型流速計測法の活用を進めており，高度化観測手法及び手順の標準化，さらには，浮子測法との比較検証を踏まえた非接触型流速計測法への切り替え方法について水文観測高度化検討会（中部地整）にて検討してきた．国土交通省水管理・国土保全局は，各地方整備局で蓄積した観測データを基に「事務連絡：浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）2023年3月29日」を発出し，浮子測法から非接触型流速計測法への切り替えに向けた取り組みを加速化させている．

本稿では，中部地整管内62箇所，9出水期（2015年～2023年）において蓄積した非接触型流速計測法と浮子測法との比較検証結果を総括するとともに，事務連絡に従って非接触型流速計測法へ切り替える場合の課題とその解決方針について紹介する．

2. 各流量観測手法の概要

流量観測は，河川のある地点の流水断面積と流速を測り，H-√Qを作成することで流量を算出する．流水断面積は測量データ，水位は水位計等でリアルタイムで分かるものとすると流量を知るための未知数は流速のみとなる．

以下では本検討で使用した流速計測手法の概要について説明する．

(1) 画像処理型流速測定法の概要

画像処理型流速測定法とは，洪水時に流況(水表面)を撮影した映像を用いて、処理ソフトを使用し横断流速分布を算出する流速観測手法である．本検討ではSTIV(SpaceTimeVelocimetry,時空間画像流速計測)法を用いて流速算出をしている．これは，図-1に示すように，基準となる検査線を河川映像に配置し，川の表面に発生する波紋や浮遊物が通過した時間から検査線上の表面流速を求める解析手法である．最新のSTIV解析ソフトでは，実観測STIデータを収集・学習することにより，AI（ディープラーニング）を活用し，検査線上の表面流速を高精度で自動算定が可能である．

(2) 電波流速計の概要

電波流速計による非接触機器を用いた流速の計測手法は，図-2のように空中から水表面に向かって斜め上方から電波を発射し，水表面に形成されている波などの凹凸からの反射電波を計測し，そのドップラー効果を利用して表面流速を計測するものである．橋梁等への固定型及び可搬型タイプが製品化されている．

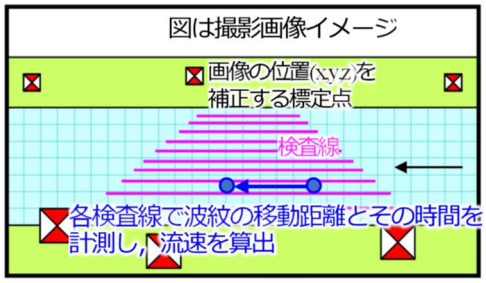

図-1　画像処理型流速測定法の概要

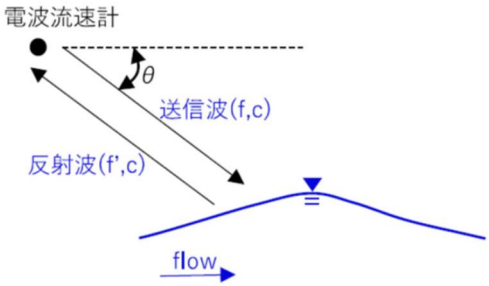

図-2　電波流速計の計測原理

3.　比較観測の結果

(1) 観測概要

管内の水位流量観測所62箇所を対象として，浮子観測と非接触型流速測定法の同時観測を行った．これまで9年間実施し，1,173データの比較観測値が収集された．非接触型流速測定法に関しては電波流速計が574データ，画像処理型流速測定法が599データである．なお，本観測値の中には明らかに間違った計測を実施しているものも混在しており，その理由は画像処理型流速測定法で用いた映像を取得する撮影機器の画角の設定が適していなかったこと，局所的な渦の発生により流況が計測に適していなかったこと等であった．それらのデータを精査した上で合計1,074データの比較流量値を採用した．また非接触流速計測法である電波流速計，STIV法に対しては表面流速を計測するため、表面浮子の校正係数である流速補正係数を0.85を採用している．

(2) 観測結果

図-3は浮子観測と非接触型流速測定法の流量の相対差と流量規模を示すものである．横軸の相対差は｛(非接触型流速計測法 - 浮子測法)/浮子測法｝で算定される．縦軸は浮子測法で計測された流量値を計画高水流量で無次元化したものである．図-3が示すように，流量規模が小さい時，相対差は大きく幅を持った数値となり，数１０%の差を持つこともある．一方で流量規模が大きくなるとその差は小さくなり-10%程度を中心とした幅の狭い領域に収束する．

図-4は同じデータを使用して算出した頻度分布である．横軸は図-3と同様に非接触型流速計測法と浮子測法で得た観測結果の相対値，縦軸はその頻度の割合である．例えば横軸の-10は-15%から-5%の間になる頻度の割合となる．

(3) 結果の考察

a) 流量規模が小さいときの相対差

図-3が示すように流量規模が小さいとき(例えば10%)の相対差は，流量規模が大きいとき(例えば60%)とくらべると大きく，多くは-40%から+10%に分布している．これは，水位が低いときは浮子は河床形状に沿って流れるため，浮子測法の前提である直線的に流れることが確保されていない可能性がある．一方，非接触型流速計測法は予め設定した検査線上の流速を算定するなど，取得したい流向を計測者が選択できるために横断方向の流速の影響を受けない．このような計測手法の違いが，流量の相対差を生じさせていると推測される[1)]．

b) 流量規模が大きいときの相対差

図-3が示すように流量規模が大きいとき(例えば60%)の相対差は-20～0%程度の範囲の値を持つ．これは流況が河道に対して平行であることから，河道には縦断方向の流れが卓越し，両者の差が小さくなったと推察する．

以上より，流量規模に応じて計測結果の傾向が異なること，流量規模が大きい場合は流量差が10%程度であることが明らかとなった．また，浮子観測、非接触型流速測定法それぞれについて，計測手順等に明らかな問題点は指摘されないことから，各計測結果の善し悪しを評価することはできないと考える．

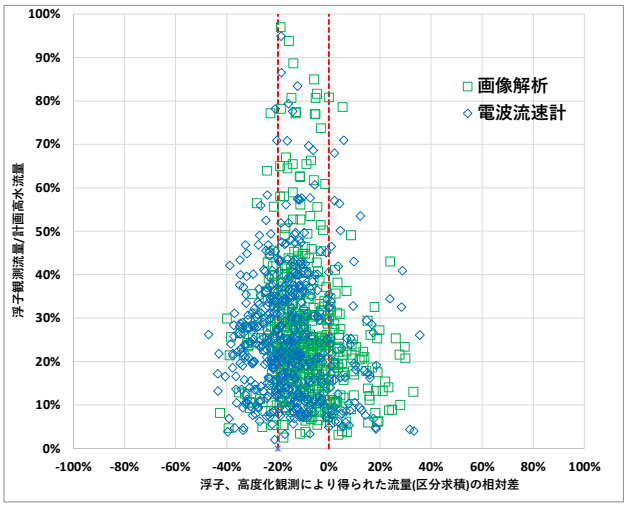

図-3　浮子測法と非接触型流速計測法で計測した流量値の相対差と流量規模の関係（2015年～2023年）

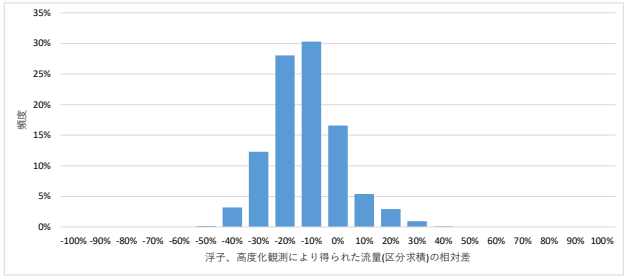

図-4　浮子測法と非接触型流速計測法で計測した流量値の相対差と頻度分布の関係（2015年～2023年）

4.　浮子観測データとの整合性の確認

前述の事務連絡に従った浮子観測データとの整合性の確認を狩野川水系黄瀬川本宿観測所を対象に実施した結果を示す．

本宿観測所では，2022年度に画像処理型流速計測法で用いる専用カメラが設置され，2023年6月2日出水において図-5のハイドログラフ及び図-6のCCTVカメラ画像に示す通り、氾濫危険水位に到達する出水が発生した．本出水による解析結果と浮子観測結果を基に作成した図-7の整合性チェックシートでは，相対差が許容範囲[2]の-20%～0%内にほぼ収まっており，範囲外のデータもわずかな差である．また，図-8の予測区間チェックシートでは，過去5年間の浮子観測の不確かさから設定された95%予測区間[2]において，全ての非接触型流速計測法で得られたデータがその範囲内に収まっている．このことから，次世代型流量観測検討会（本省）において，2023年度の解析結果は，浮子観測データとの整合性が確認でき，水位流量曲線の作成に採用可能とされ，2024年度以降，非接触型流速計測法への移行が可能とされた．

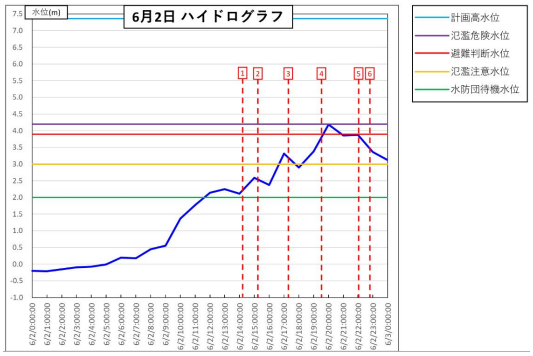

図-5 ハイドログラフ（狩野川水系本宿観測所）
（1～6は浮子観測を実施した時刻）

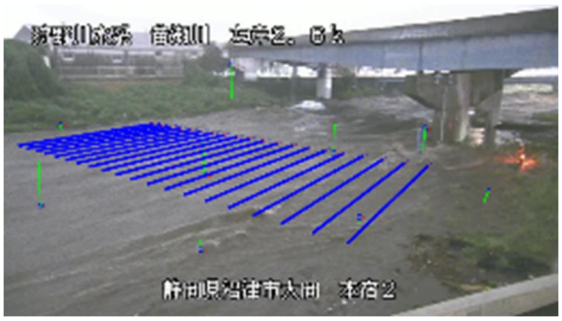

図-6 CCTVカメラ画像（本宿観測所） 19:33 H=3.98m

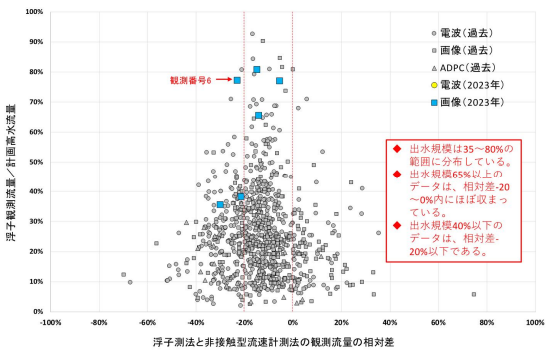

図-7 整合性チェックシート（狩野川水系本宿観測所）

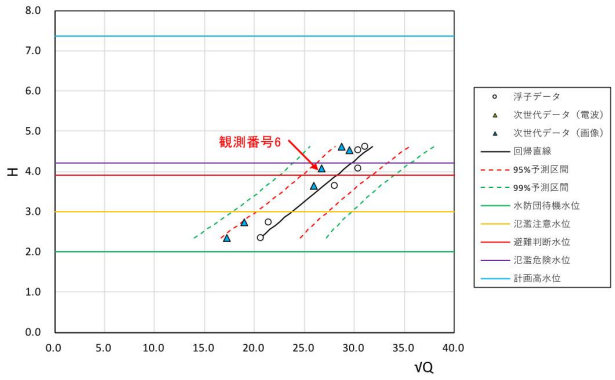

図-8 予測区間チェックシート（狩野川水系本宿観測所）

5．まとめと今後の課題

本稿で議論した内容をまとめとして以下に示す．

- 管内の合計 62 箇所で 9 ヶ年にわたり浮子観測と非接触型流速測定法の比較観測を実施した．両者の相対差は流量規模が小さい場合に数十%となる一方，流量規模が大きい場合においては 10%程度（非接触型流速測定方が小さい）となった．
- 本宿観測所では，浮子観測と非接触型流速測定法の流量の整合性が確認され，2024 年度以降，非接触型流速計測法への移行が可能とされた．

次世代型流量観測検討会で移行可能判定後は，完全移行の実施時期は各地方整備局の判断とされている．完全に非接触型流速計測法に移行するためには以下の事項について,今後も水文観測高度化検討会にはかり,検討を継続し,更なる精度向上が必要である．

(1) H-√Qの作成方法
(2) 保守点検マニュアルの作成
(3) 流量観測業者によるSTIV解析の実施
(4) 新たな観測施設を設置した場合，観測地点での水位計設置が必要
(5) 画像処理型流速測定法と電波流速計における精度の誤差

本論文の作成にあたり,中部地方整備局水文観測高度化検討会の委員の皆様,及び関係したコンサルタント,職員には心よりお礼申し上げます．

参考文献

1) 萬矢敦啓・後藤功次・山本晶：異なる計測手法から得られた河川流量値の違いに関して，土木技術資料 63-5，2021.
2) 水文観測データ品質照査の手引き（改定案）2023 年 3 月