

# 水文観測データの品質向上の取り組み

大石 夏樹<sup>1</sup>・渡辺 有<sup>1</sup>・本永 良樹<sup>2</sup>  
澤野 久弥<sup>3</sup>・田所 正<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(一財)河川情報センター 河川情報研究所 研究第2部 研究員  
<sup>2</sup>(一財)河川情報センター 河川情報研究所 研究第2部 主任研究員  
<sup>3</sup>(一財)河川情報センター 河川情報研究所 研究第2部長  
<sup>4</sup>(一財)河川情報センター 河川情報研究所 副所長

全国に多数配置されているテレメータ降水量・水位観測所データの異常値を、リアルタイムで検出するシステムを開発（令和2年度河川情報シンポジウムで一部報告済）し、令和4年度より24時間精度監視の実務に適用したところ、良好な精度を確認することができた。

また、近年非接触型流速計の導入が進む高水流量観測において、令和4年度の国土交通省の次世代型流量観測検討会の審議を受けて、従来行われてきた浮子観測手法と比較した妥当性等を確認する品質照査の手法をとりまとめた。

**Key Words** : 水文観測, 精度監視, 異常値検出, 非接触型流速計測法, 品質照査

## 1. 水文観測の目的と品質向上

### (1) 水文観測の目的

水文観測とは、水文観測データを定量的に把握し、蓄積されたデータを解析することであり、そのデータは河川計画の立案、河川工事の実施、河川環境の整備、河川の適正な維持管理等に活用されてきた。

一方、現在では水文観測データは我々の身近なところでも活用されている。近年では観測機器のテレメータ化が進んでおり、国土交通省「川の防災情報」<sup>1)</sup>等のwebサイトから、降水量や水位のデータがリアルタイムで提供されている。災害時には、図-1に示すように川の水位の状況を基に洪水予報や避難情報がこれらのwebサイトに掲載され、防災面での活用が進むなど、危機管理における重要性が高まっている。

このように、水文観測データは蓄積されたデータの河川計画・管理等への活用、リアルタイム配信による防災・避難行動等への活用と、大きく2つの目的で活用されている。しかし、データを有効に活用するためには、そのデータが正確であることが重要であり、水文観測データの品質向上が必要不可欠となる。

### (2) 水文観測データの品質向上の方法

水文観測データの品質を向上させる方法は、大別して2つある。1つは、観測そのものを改善する方法である。



図-1 「川の防災情報」における洪水予報発令時の表示

観測データが異常となる要因は、観測機器や通信機器の故障によるもの、観測周辺環境の悪化（周辺樹木の発達、河床変動、土砂堆積等）によるものが挙げられる。異常の要因となり得る観測機器そのものの修復や更新、観測環境の整備を行う事で、正常な水文観測データが配信されるようになる。

もう1つは、観測されたデータを精査する方法である。川の防災情報でリアルタイムに配信されているデータについては、河川情報センターが「河川情報精度監視業務」（以降、精度監視と呼ぶ）にて24時間365日監視しており、異常なデータの発見に努めている。また、精度監視とは別に半期ごとにまとめたデータに対して、水文観測業務規程<sup>2)</sup>に定められた水文観測データの品質照査（以降、品質照査と呼ぶ）が行われる。このように、精度監視における異常値の発見、品質照査における観測デ

ータの妥当性の確認を通して、国土交通省「水文水質データベース」<sup>3)</sup>に確定値としてデータが蓄積される。

本稿では、観測されたデータを精査する方法に注目し、精度監視において活用することを目的に河川情報センターが開発した降水量・水位の異常値をリアルタイムで検出するシステムの運用状況、ならびに、河川情報センターが作成に携わった高水流量観測における非接触型流速計測法による観測データの品質照査の方法について紹介する。

## 2. 異常値検出システムの開発

### (1) 異常値検出システムの概要

河川情報センターでは、テレメータで送信される降水量・水位データについて、異常の疑いがあるデータをリアルタイムで検出し、精度監視を行っている監視員にその情報を知らせる新しい「異常値検出システム」(図-2)を開発し、令和4年度の精度監視より導入した。令和4年以前に利用されていた既存のシステムでは、一定の数値基準を設定し、その基準を超過した観測データを異常値の疑いがあるデータとして検出する手法を用いていた。

しかし、出水時には降水量・水位ともに設定した基準を多数の観測所で超過してしまい、異常の疑いがあるデータとして検出される事象が多発していた。異常値の疑いがあるデータは、実際に異常値かどうかを判断する必要があるが、出水時は多数のデータが検出されるため、人の目による確認が追い付かず、異常値を見逃してしまう可能性があった。また、基準を超過していないため異常の疑いがあるデータとして検出されないが、実際には異常値である場合があった。

そこで、既存のシステムでの検出手法に加え、近傍観測所との相関を用いて閾値を設定し、異常の疑いのあるデータを検出する手法を新しく開発した。また、異常の疑いがあるデータについて、特に緊急で確認する必要があるデータについては「警戒フラグ」、それ以外のデ



図-2 異常値検出システム画面

ータについては「注意フラグ」が立つように設定し、検出された異常値の疑いがあるデータの中でも優先度をつけて監視員に知らせる機能も併せて開発した。

本稿では、異常値検出システムに新しく導入した降水量・水位の異常値検出手法の内容と、運用した成果について紹介する。

### (2) 降水量の異常値検出手法

降水量の異常値検出においては、IDW (Inverse Distance Weighting) モデルを採用した。「水文観測データ品質照査の手引き(改定案)」<sup>4)</sup>において、「近隣降水量の相関(日降水量)」の高度照査に類似した手法が使用されている。図-3に示すように、近傍観測所 B, C, D の観測雨量  $R_b, R_c, R_d$  (mm) を当該観測所 A からの距離に逆比例した重みを付けて平均し、当該観測所 A の推定雨量  $R_a'$  (mm) を求め、当該観測所 A の実際の観測雨量  $R_a$  (mm) と比較し、乖離するデータを抽出する手法である。

当該観測所から近傍観測所までの距離をそれぞれ  $L_b, L_c, L_d$  (km) とすると、当該観測所の推定雨量  $R_a'$  は(1)式のとおり求まる。

$$R_a' = \frac{\left(\frac{R_b}{L_b} + \frac{R_c}{L_c} + \frac{R_d}{L_d}\right)}{\left(\frac{1}{L_b} + \frac{1}{L_c} + \frac{1}{L_d}\right)} \quad (1)$$

なお、近傍観測所は当該観測所から半径 15km の範囲における直近の 3 観測所を選定しており、観測所の配置によっては該当する範囲に観測所が十分でないこともある。その場合は、当該観測所地点のオンライン C バンドレーダ雨量データ (1km<sup>2</sup>メッシュ) も利用し、当該観測所の観測雨量との比較を行う(図-4)。

IDW モデルの検出における警戒フラグは、 $R_a'$  またはレーダ雨量が 0.0mm かつ  $R_a \geq 9.0\text{mm}/10\text{分}$ 、もしくは  $R_a'$

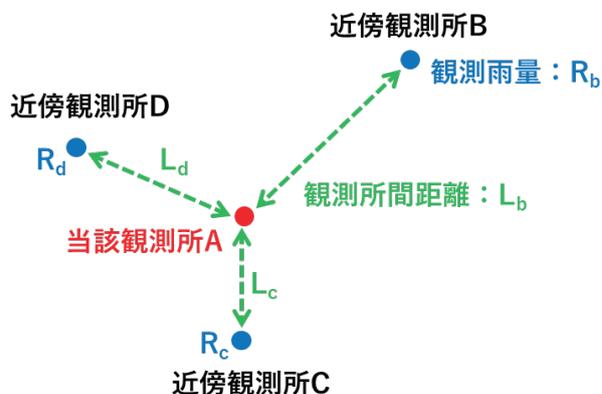


図-3 IDW モデル概念図

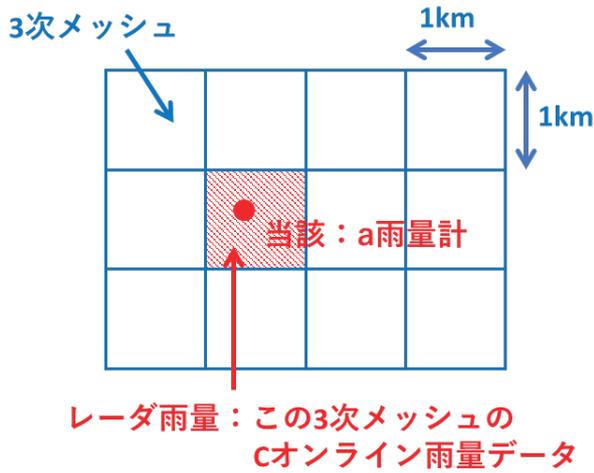


図4 レーダ雨量データのイメージ

またはレーダ雨量 $\geq 9.0\text{mm}/10$ 分かつ  $R_a$ が  $0.0\text{mm}$  の場合に立つように設定している。

また、注意フラグは図-5に示すように、当該観測所の観測雨量を  $x$  軸、 $R_a$ またはレーダ雨量のうち  $R_a$ との差が小さいほうを  $y$  軸とし、2時刻連続で3時間累加降水量がいずれも図中の赤線の範囲外になる場合に立つように設定している。これらの閾値は、過去の観測データを用いて検証を行い、適切な値を求めている。

### (3) 水位の異常値検出手法

水位の急変化による異常値検出においては、 $3\sigma$ （標準偏差）モデル（図-6）を採用した（令和2年度河川情報シンポジウムで報告済）。「水文観測データ品質照査の手引き（改定案）」<sup>4)</sup>において採用されている、データの変化量が当該観測所のデータ群の $\pm 3\sigma$ から乖離した時

に降水量と水位の外れ値を抽出する手法を援用し、近傍観測所を含む水位データ群から標準偏差（ $\sigma$ ）を求め、「現在水位」が「直前水位 $\pm 3\sigma$ 」の範囲を超える場合に異常の疑いがあるデータとして検出する手法である。

標準偏差 $\sigma$ は、データ総数を  $n$ 、各観測所の水深を  $x_n$ 、水深の平均値を  $\bar{x}$  とすると、(2)式のとおり求まる。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$3\sigma$ モデルの検出における警戒フラグは、当該観測所の観測水位が氾濫注意水位を超過しており、かつ当該観測所の「現在水位」が「直前水位 $\pm 3\sigma$ 」の範囲を超える場合に立つように設定している。

また、注意フラグは、当該観測所の「現在水位」が「直前水位 $\pm 3\sigma$ 」の範囲を超える場合立つように設定している。

### (4) 令和4年度における異常値検出の成果

令和4年度における異常値検出システムによる異常の疑いがあるデータの検出結果について、出水期を含む5月～11月の期間における全国の国所管のテレメータ観測所を対象に、集計を行った。集計を行う上で、検出された異常値の疑いがあるデータについて、最終的に実際に異常値と判断されたものを「適中」、明らかな異常値と判断できず正常値としたものを「空振り」、検出できなかった異常値を「見逃し」として集計を行った。

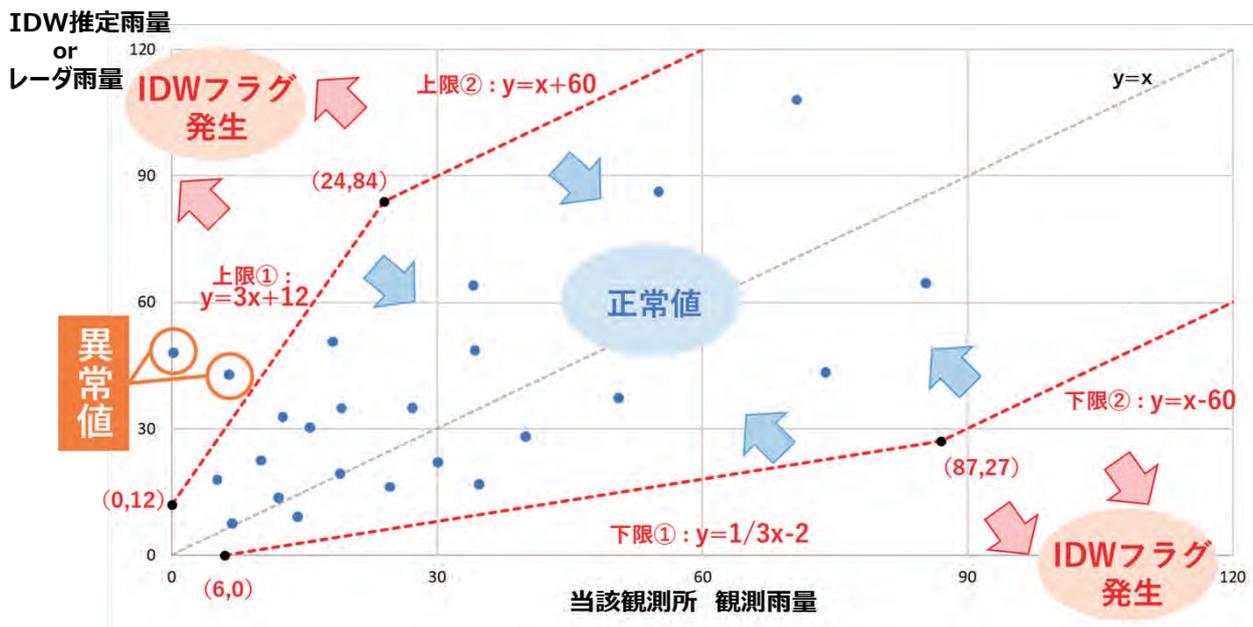


図-5 IDWモデル 注意フラグ閾値設定グラフ

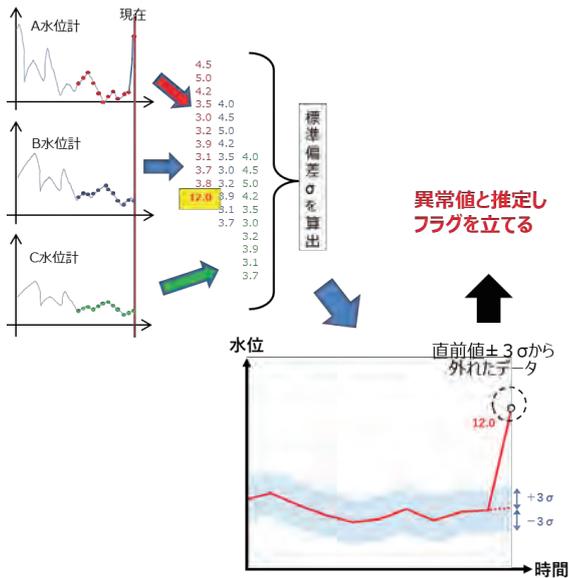


図-6 3σモデル概念図

降水量について、IDWモデルによる異常値検出結果を図-7に示す。警戒フラグが立った42件の内、適中が19件、空振りが23件であり、見逃しは0件であった。また、注意フラグが立った383件の内、適中が45件、空振りが338件であり、見逃しが6件あった。

IDWモデルで検出した事象で、適中事例を図-8、見逃し事例を図-9に示す。見逃しとなった原因は、当該観測所で観測された雨量が少量であったため閾値を超過せず、システムによる検出ができなかったためである。このような異常値を発見するためには、人の目による監視も引き続き実施していくことが必要となる。



図-7 IDWモデルによる異常値検出結果

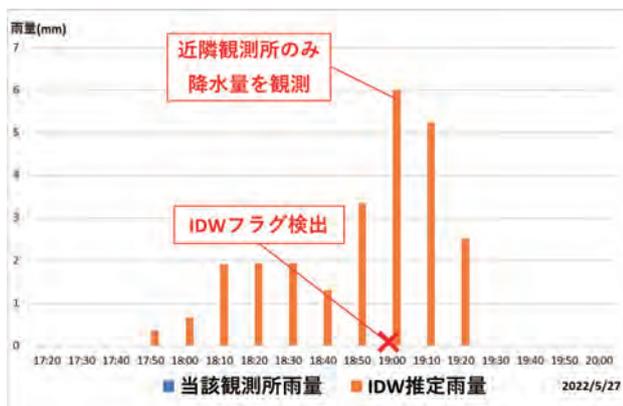


図-8 IDWモデルによる異常値適中事例



図-9 IDWモデルによる異常値見逃し事例

水位について、3σモデルによる検出結果を図-10に示す。警戒フラグが立った29件の内、適中が9件、空振りが20件であり、見逃しは0件であった。また、注意フラグが立った530件の内、適中が94件、空振りが436件であり、見逃しが4件あった。

3σモデルで検出した事象で、適中事例を図-11、見逃し事例を図-12に示す。見逃しとなった原因は、当該観測所の直前水位が欠測となっており、現在水位との比較ができなかったためである。現在は、欠測となる直前の水位との比較ができるように改良済である。

これらの集計結果から、主に出水時における検出を想定した警戒フラグについて、降水量・水位合わせて見逃した異常値は0件であり、本システムの開発の目的の一つである出水時における異常値の見逃しを防止することが達成できたため、本システムにおける異常値検出手法



図-10 3σモデルによる異常値検出結果

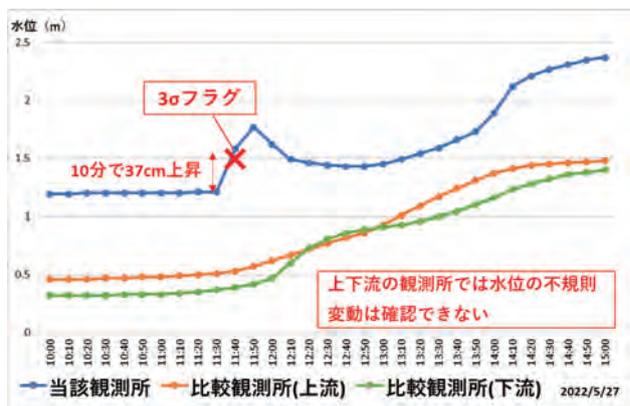


図-11 3σモデルによる異常値適中事例

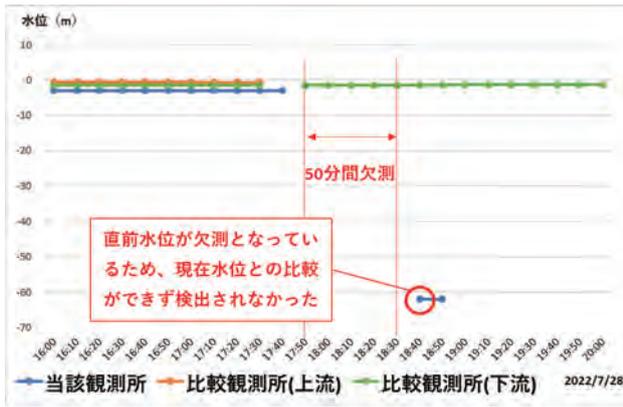


図-12 3σモデルによる異常値見逃し事例

の有用性が確認できた。一方で、主に非出水時における検出を想定した注意フラグについては空振りが多く、見逃しも計 10 件みられた。今後は、令和 4 年度に蓄積したデータを基に観測所毎に設定する閾値の調整を行うことで、空振り・見逃し件数を減らす検討を進めたい。

### 3. 非接触型流速計測法による観測データの品質照査手法の策定

#### (1) 非接触型流速計測法データの品質照査手法策定の背景

近年、第 5 次社会資本整備重点計画<sup>5)</sup>に示されている通り、非接触型流速計測法の観測現場への導入が進められようとしている。非接触型流速計測法としては、ドップラー効果の原理を用いて表面流速を測定する「ドップラー型流速計測法」、カメラで録画した画像を解析して表面流速を測定する「画像処理型流速計測法」が挙げられる。

非接触型流速計測法の実装が進められている背景として、現在の日本の河川における高水流量観測において採用されている「浮子測法」の実施が困難になってきたことが挙げられる。元々、高水流量観測は台風時等の危険が伴う過酷な環境下での作業が昼夜を問わず続くことがあり、業務としての魅力が乏しく、担い手が不足する傾向にあった。加えて、近年は地球温暖化の進展に伴う出水規模の増大により、既往最大規模、計画高水規模の出水が多発し、水位が浮子投下橋の橋梁近くまで上がる、あるいは橋梁の高さを超えるため、観測員が浮子投下橋に入らず、そもそも水位ピーク時の観測ができない事例が増加している。

これに対応するため、平成 29 年 3 月に水文観測業務規程<sup>2)</sup>が改定され、浮子測法以外の手法が高水流量観測で利用できるようになった。加えて、河川計画課長通達<sup>9)</sup>により、施設能力を上回る洪水発生時などで浮子測法では観測員の安全確保のためやむを得ず観測を一時中断

せざるを得ない場合でも、非接触型流速計測法により安全・確実に観測を継続することが現場に求められた。

さらに、平成 31 年から革新的河川技術プロジェクト第 4 弾が始まった。河川流量観測の無人化・省力化技術の開発に取り組む企業が開発チームを組んで、それぞれの技術を現場に持ち込んで実証を行い、技術の現場への速やかな導入を目指した取り組みであった。令和元年 7 月から、観測所における現場実証が開始され、成果取りまとめを含め令和 4 年 3 月まで続けられた。

その成果等を踏まえ、令和 4 年度に現場に非接触型流速計測法を実装する上で必要となる観測手法の「手引き化」、非接触型流速計測法による観測データの照査方法の検討がなされた。これらについては、本省が主催する「次世代型流量観測検討会」において、学識経験者、国土交通省本省、地方整備局等により内容について審議され、令和 5 年 3 月に「水文観測データ品質照査要領（改定案）」<sup>7)</sup>、「水文観測データ品質照査の手引き（改定案）」<sup>4)</sup>、「浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）」<sup>8)</sup>、「非接触型流速計測法の手引き（案）」<sup>9)</sup>としてまとめられた。河川情報センターは、「次世代流量観測データに係る要領改定等検討業務」内で照査方法の原案を検討すると共に、次世代型流量観測検討会における審議を補助した。

#### (2) 非接触型流速計法による観測データの照査手法

非接触型流速計測法による観測データの照査手法の特徴は、非接触型流速計測法が導入された観測所を 2 種類に分類し、それぞれに異なる照査を実施することにある。

非接触型流速計測法が導入された観測所のうち、「重要な観測所」を「観測所①」、それ以外を「観測所②」と分類する。「重要な観測所」とは、河川計画上基準となる観測所（河川整備基本方針に定める基準地点・主要な地点）である。観測所①については、浮子測法と非接触型流速計測法による同時流量観測を実施し、「浮子観測データとの整合性の確認」を行う。観測所②については、「非接触型流速計測法による観測データの妥当性」の確認を行う。

##### a) 浮子観測データとの整合性の確認

「浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）」<sup>8)</sup>に定められるように、観測所①について浮子観測データとの整合性を確認する手順を以下のように整理した。

1) 図-13 に当年の同時流量観測データをプロットし、相対差が概ね-20%~0%程度に収まっているか確認する。（なお、図-13 は萬矢ら<sup>10)</sup>が作成した図に本論文の著者が新たなデータを追加したものである。）

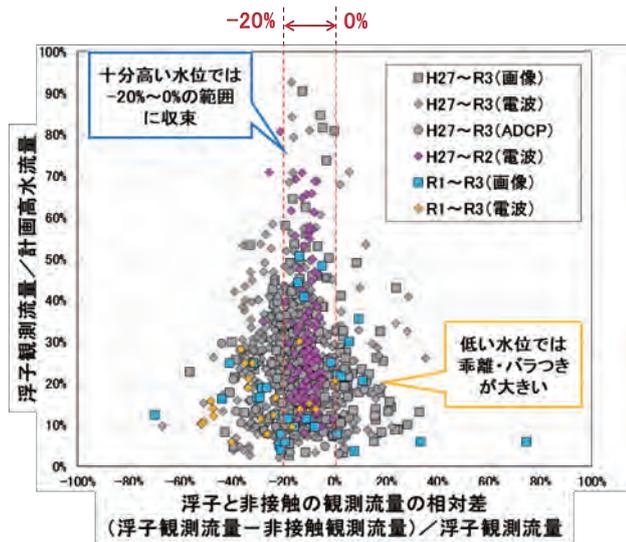


図-13 浮子測法と非接触型流速計測法の観測流量の相対差と流量規模の相関図

2) 1)の整理結果等を基にして、次世代型流量観測検討会において、非接触型流速計測法と浮子測法による観測データとの整合性があるかを審議する。

3) 2)において整合性があると判定された場合には、非接触データを用いて当年の水位流量曲線を作成する。次年度以降は浮子との同時流量観測は不要となり、非接触型流速計測法による高水流量観測を実施する。(次年度以降は、b)で説明する非接触型流速計測法による観測データの妥当性の照査の対象となる。)

4) 3)において整合性が認められなかった場合には、浮子測法によるデータを用いて当年の水位流量曲線を作成する。観測所ごとに改善計画を作成したうえで、次年度も同時流観を実施する。

なお、同時流量観測が実施されていない場合や、1)で不十分な結果となった場合には、対象観測所の過去の観測データから95%予測区間を求めて、「非接触型流速計測法による観測データの妥当性」の照査を実施する。

(図-14)

b) 非接触型流速計測法による観測データの妥当性

観測所②については、浮子測法との同時流量観測は実施せず、過去の流量観測データとの比較による照査を行う。非接触型流速計測法による観測データの妥当性を確認する手順を以下のように整理した。

1) 対象観測所の過去の観測データプロットから99%予測区間を求め、当年の観測データをプロットし予測区間に収まっているか確認する。(図-15)

2) 観測データの少ない場合や予測区間に多くのデータが収まらない場合には、回帰式から±10~20%の範囲を求め、当年の観測データが範囲内に収まるか確認する。

(図-16)

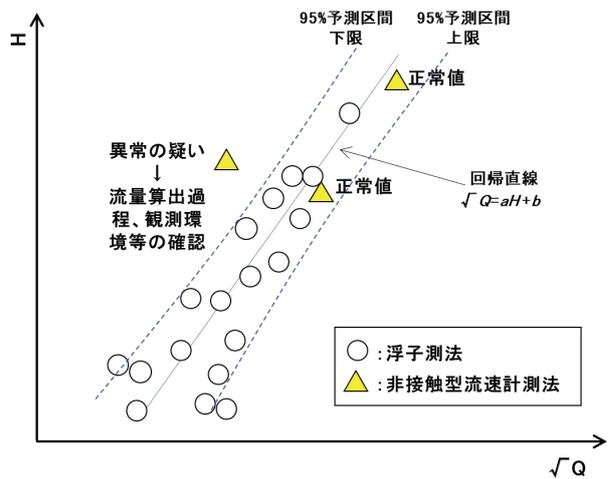


図-14 浮子測法による観測データによる95%予測区間と非接触型流速計測法データのプロット図

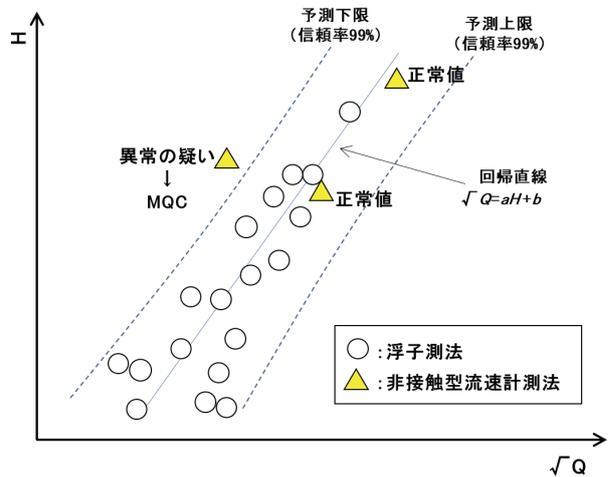


図-15 過去の観測データによる99%予測区間と非接触型流速計測法データのプロット図

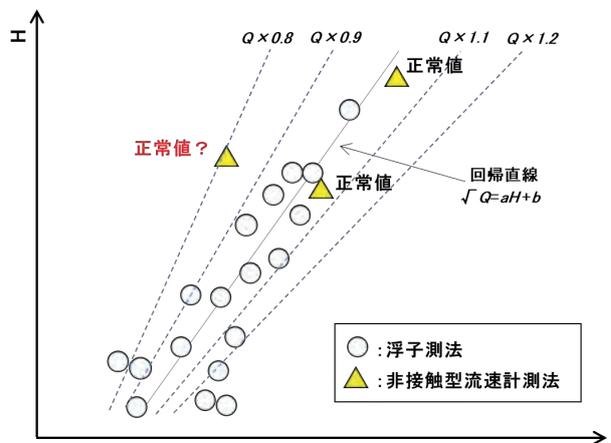


図-16 過去の観測データによる回帰式±10~20%区間と非接触型流速計測法データのプロット図

3) 1), 2)において、想定する範囲内にデータが収まらない場合には、オリジナルデータに遡り流量算出過程に誤りがないか確認する。誤りが確認できた場合は再計算を実施する。

4) 3)において流量算出過程に誤りが確認されなかった場合は、観測環境の確認を行う。観測環境に異常が認められた場合は、観測データは異常値として欠測とし、次年度に向けて改善計画を策定する。その際、水文観測業務規程<sup>2)</sup>に定める品質管理組織に助言を受けることができる。

5) 4)において観測環境に異常が認められなかった場合は、観測データを欠測とすることが基本であるが、判断が難しい場合には品質管理組織に諮ることができる。

### (3) 非接触型流速計法の今後の動向

今後、観測所①において観測されたデータは次世代型流量観測検討会に集約され、整合性の審議がなされる。また、観測所②についても、品質管理組織等に諮りながら照査が進められる。この過程で蓄積された知見を踏まえ、今回紹介した非接触型流速計測法による観測データの照査方法は、適宜修正されていく予定である。今後数年を目途に、正案として取りまとめられることとなっている。

## 4. まとめ

### (1) 異常値検出システムの開発

降水量・水位を対象に近傍観測所との相関に着目したIDWモデル、 $3\sigma$ モデルを用いた異常値検出手法を開発した。令和4年度の出水期を含む5月～11月の全国の国所管のテレメータ観測所について、降水量・水位の異常の疑いのあるとして検出されたデータの集計を行ったところ、主に出水時における検出を想定した警戒フラグについては、異常値の見逃しはなかった。これにより、出水時における異常値検出システムの異常値検出手法についての有用性が確認できた。一方で、主に非出水時における検出を想定した注意フラグについては、空振りとなったデータが多く、見逃してしまった異常値もわずかに確認された。今後は、空振り・見逃しとなるデータを減らすため、観測所毎の閾値の設定をこれまで蓄積したデータを基に観測所の特性に合わせて変更し、より正確に異常値のみを検出できるよう開発を進めたい。

### (2) 非接触型流速計測法の実装に向けた取り組み

非接触型流速計測法の観測データの照査方法について検討した。その成果は、国土交通省本省主催の次世代型流量観測検討会での審議を経て、「水文観測データ品質照査要領（改定案）」<sup>7)</sup>、「水文観測データ品質照査の手引き（改定案）」<sup>4)</sup>、「浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）」<sup>8)</sup>、「非接触型流速計測法の手引き（案）」<sup>9)</sup>にまとめられた。今回紹介した照査方法は、今後の観測データの蓄積や、次世代型流量観測検討会における審議を踏まえて適宜改良が進められる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 HP「川の防災情報」  
<https://www.river.go.jp/>
- 2) 国土交通省「水文観測業務規程」2017.3.31  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guide-line/kasen/pdf/suimon\\_kitei.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guide-line/kasen/pdf/suimon_kitei.pdf)
- 3) 国土交通省 HP「水文水質データベース」  
<http://www1.river.go.jp/>
- 4) 国土交通省「水文観測データ品質照査の手引き（改定案）」2023.3.29  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guide-line/kasen/pdf/suimon\\_tebiki.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guide-line/kasen/pdf/suimon_tebiki.pdf)
- 5) 国土交通省「別冊 第5次社会資本整備重点計画（本文）」  
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/content/001406599.pdf>
- 6) 国土交通省「水文観測業務の実施方針について」2017.5.24  
[https://www1.mlit.go.jp/river/shishin\\_guide-line/kasen/pdf/suimon\\_houshin.pdf](https://www1.mlit.go.jp/river/shishin_guide-line/kasen/pdf/suimon_houshin.pdf)
- 7) 国土交通省「水文観測データ品質照査要領（改定案）」2023.3.29  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guide-line/kasen/pdf/suimon\\_youryou.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guide-line/kasen/pdf/suimon_youryou.pdf)
- 8) 国土交通省「浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）」2023.3.29  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guide-line/kasen/pdf/fushi\\_houshin.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guide-line/kasen/pdf/fushi_houshin.pdf)
- 9) 国土交通省「非接触型流速計測法の手引き（案）」  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guide-line/kasen/pdf/ryusoku\\_tebiki.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guide-line/kasen/pdf/ryusoku_tebiki.pdf)
- 10) 萬矢敦啓・後藤功次・山本品：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

# INITIATIVES TO IMPROVE THE QUALITY OF HYDROLOGICAL OBSERVED DATA

Natsuki OISHI, Yu WATANABE, Yoshiaki MOTONAGA, Hisaya SAWANO  
and Tadashi TADOKORO

The authors of this paper have developed the system that detects abnormal values in real time from the data from the numerous telemetered observatories of precipitation and water level throughout the country. Since the authors had applied it to the business of 24 hours accuracy monitoring of the data at 2022, it was confirmed that abnormal values were detected with high accuracy.

In addition, in high water flow observation, where non-contact velocimetry methods have been increasingly introduced in recent years, the authors compiled the 2 types of data verification method based on deliberations by Next Generation Flow Observation Study Group held in 2022 sponsored by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. One is to confirm the consistency of the non-contact velocimetry method data with the float method data based on the relative difference between both data, and the other is to confirm the validity of the non-contact velocimetry method data by comparing it with the past data.