

画像解析による流量観測について

櫻井 祥貴¹・中嶋 将之²

¹九州地方整備局 山国川河川事務所 調査課 (〒871-0026 大分県中津市大字高瀬1851-2)

²九州地方整備局 山国川河川事務所 調査課 (〒871-0026 大分県中津市大字高瀬1851-2)

2012年7月出水の九州北部豪雨では、観測史上最高の水位を記録する洪水が発生し、山国川上流端付近に位置する柿坂観測所周辺の越水による道路冠水や中流付近に位置する上曾木水位観測所付近の越水により、観測員が見通し断面で観測できず、高水流量観測が実施できなかった。

大規模出水時における高水流量観測の確実な実施、流観作業上の安全性の向上と省力化を図るため、画像解析による流量観測について山国川で実施した検討結果をとりまとめた。

キーワード 流量観測 無人化 画像解析 安全性向上

1. はじめに (背景)

山国川は、その源を大分県中津市山国町英彦山に発する幹川流路延長56km、流域面積540km²の一級河川である。画像解析の対象とした柿坂及び上曾木水位流量観測所は、それぞれ山国川27k100、16k750付近に位置する。

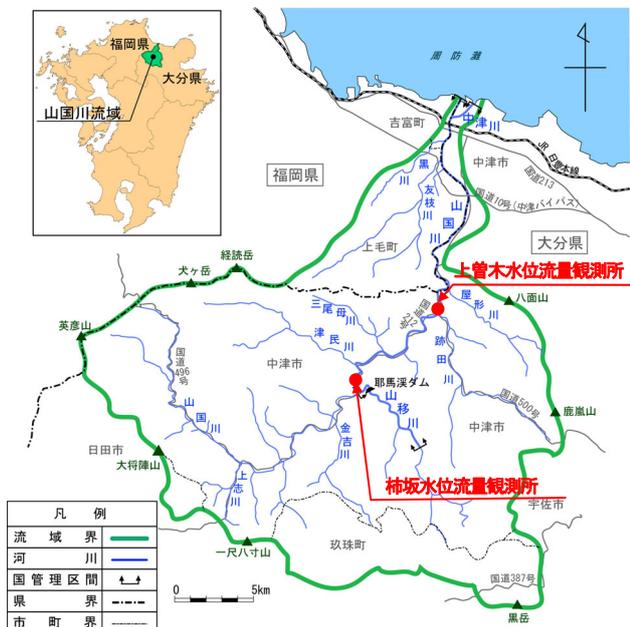


図-1 流域図及び検討対象観測所位置

2012年7月3日及び14日の九州北部豪雨では、観測史上最高の水位を記録する洪水が発生し、柿坂観測所周辺では見通し断面での観測を実施する国道212号が冠水（写真-1）し、上曾木観測所で浮子を投下する青の禅海橋周辺では堤防を越水し川裏駐車場が冠水したため（写真-

2）、浮子測法による高水流量観測が途中から実施できない状況となった。



写真-1 2012年7月13日 柿坂観測所周辺



写真-2 2012年7月13日 上曾木観測所周辺

浮子測法による高水流量観測は、大規模出水時には、観測所周辺までの道路冠水等によりたどり着けないことがあること、また観測途中で安全を確保できないことがあることから、大規模出水時における高水流量観測の確

実な実施、流観作業上の安全性の向上を目的とした高水流量観測の高度化手法の選定及び選定した手法について検証を行った。

2. 柿坂・上曾木観測所での高水流量観測の課題

(1) 柿坂観測所の課題 (図-2)

- ・上流に橋梁等の横断工作物がなく、河岸より浮子を投下している
- ・平面形状が湾曲区間となっている
- ・大規模出水時に右岸国道212号が冠水する

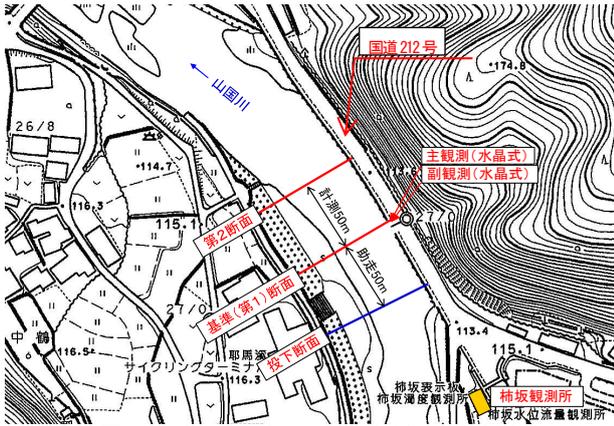


図-2 柿坂観測所 高水流量観測実施位置

(2) 上曾木観測所の課題 (図-3)

- ・第1断面までの助走距離が約15mと短い(助走距離を確保すると湾曲区間となる)
- ・大規模出水時に川裏駐車場が冠水する

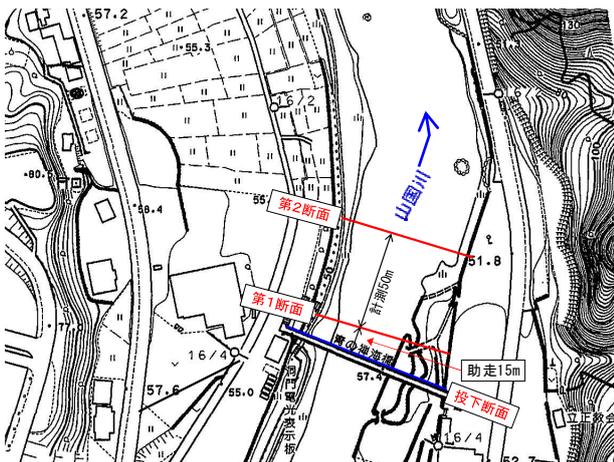


図-3 上曾木観測所 高水流量観測実施位置

3. 課題を踏まえた観測手法の選定

(1) 観測手法の分類整理

「河川砂防技術基準 調査編」に示される流量計測法

の種類を示す (図-4)。

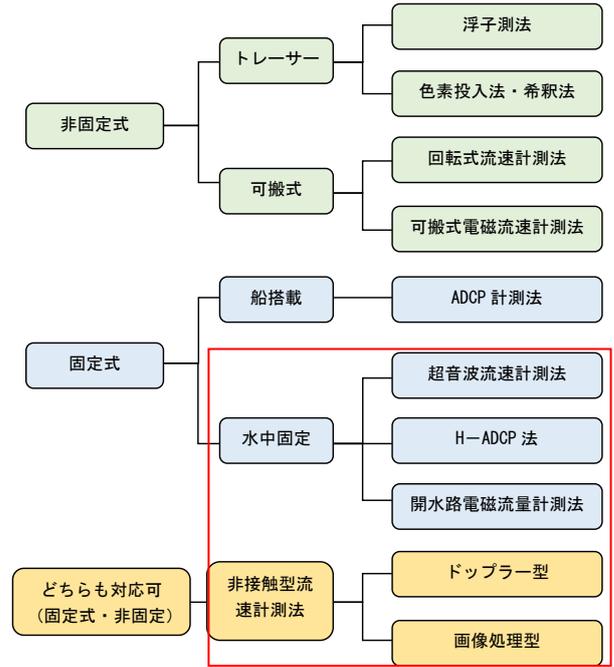


図-4 堰測法 (越流公式を使用) 以外の流量観測手法

(2) 観測手法の選定

対象観測所での流量観測は、観測者が観測機器を持って流速を測定することが危険であることから、「固定式計測法 (水中固定)」及び「非接触型流速計測法」が適していると考えられる (図-4赤枠内)。

また、この5つの手法を「機器設置の容易さ」、「観測の確実性」、「安全性」、「計測精度」、「機器費用」を比較し、画像解析 (画像処理型) による計測手法を最適案として選定した。

4. 流量 (流速) 観測手法

選定した画像解析 (画像処理型) による計測手法及び比較検証するために実施した観測手法について整理する。

(1) 画像解析による計測手法 (STIV手法)

撮影動画上の水面流速を計測したい位置に検査線を配置し、その検査線上の波紋の移動速度を解析することで水表面流速を計測する手法である (図-5, 6)。

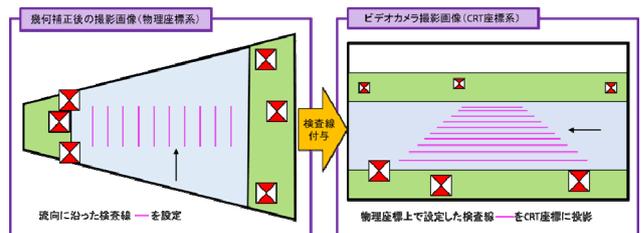


図-5 STIVの概要 (撮影画像) ②

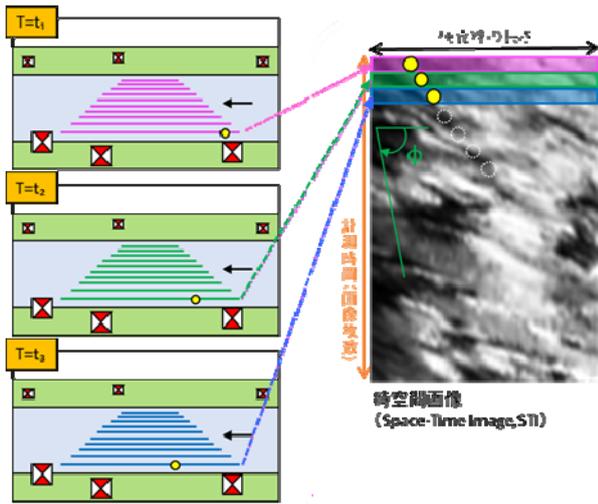


図-6 STIVの概要(解析画像)²⁾

(2) ADCPによる計測手法

ADCPは、水中に発射する超音波が流水内で移動する細粒土砂やプランクトン等に当たって反射する際に生じるドップラー効果を利用して、河道断面内の三次元の流速分布を計測する機器である。

計測方法として、ADCPを舟に取り付け、水面上で横断方向に移動させ、横断面全体の流速と水深のデータを取得する。

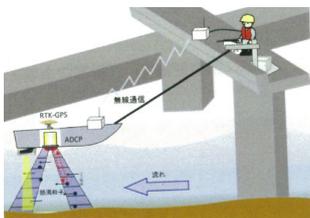


図-7 ADCP観測イメージ

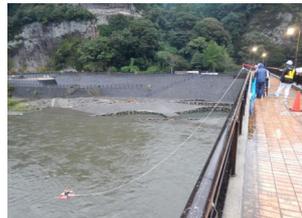


写真-3 計測実施状況

(3) H-ADCPによる計測手法

ADCPを水平方向に設置し、横断方向の流速分布を測定する。柿坂観測所では橋梁がないため、ADCPによる観測ができないことから、右岸からH-ADCPによる計測を実施した。



写真-4 H-ADCP設置状況

5. 柿坂観測所におけるデータの取得及び検証

(1) 計測機器の配置状況

柿坂観測所における計測機器の配置状況を下記に示す(図-8)。柿坂観測所では、画像解析用カメラとH-ADCPを設置したほか、湾曲部での観測のため内外水位差を確認するための簡易水位計と出水による河床変動を把握するための河床変動計を設置した。

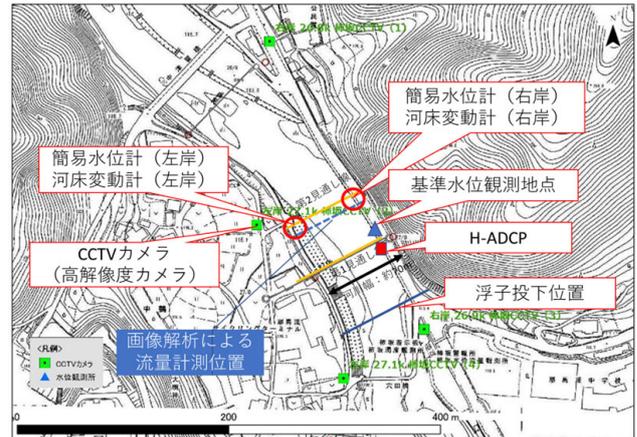


図-8 柿坂観測所地点の計測機器設置状況

(2) 画像解析用カメラ

河川の横断方向を撮影して水位と流速を計測するために新規にカメラを設置した(写真-5)。カメラアングル状況を以下に示す(写真-6)。



写真-5 柿坂観測所 画像解析用カメラ設置状況



写真-6 画像解析用カメラアングル状況

(3) 取得データを用いた流量算出結果の比較検証

設置したカメラを用いた画像解析結果、H-ADCP計測結果と併せて、同日に実施した浮子観測による流量算出結果を比較し、画像解析結果の妥当性を確認した。

以下に2020年6月27日及び2020年7月6日に計測したデータを用いた流量算出結果を示す(図-9, 10)

簡易水位計による観測の結果、左右岸の水位差が30~40cm程度生じていることがわかったため、画像解析による流量算出は画像解析による左右岸の水位観測結果を基準とした断面より流量算出を行った。

流量比較の結果、画像解析はH-ADCPとほぼ同等の流量を示していたが、浮子観測とは1割程度の差が生じていた。画像解析は連続的な流量算出が可能であるため、ピーク流量も正確な時間に算出することができた。

6. 上曾木観測所におけるデータの取得及び検証

(1) 計測機器の配置状況

上曾木観測所における計測機器の配置状況を図-11に示す。上曾木観測所では、画像解析用カメラによる観測水位の妥当性を確認するために、簡易水位計を設置した。また、曳航式ADCPによる計測を実施した。

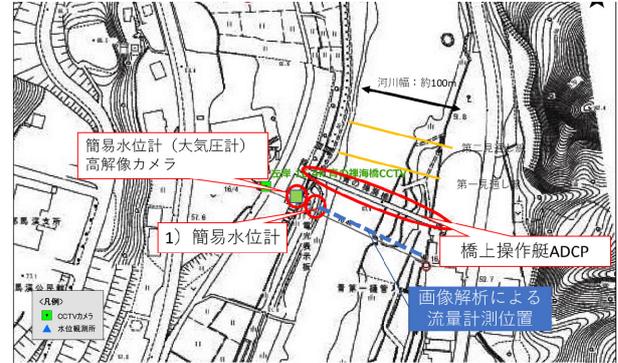


図-11 上曾木観測所地点の計測機器設置状況

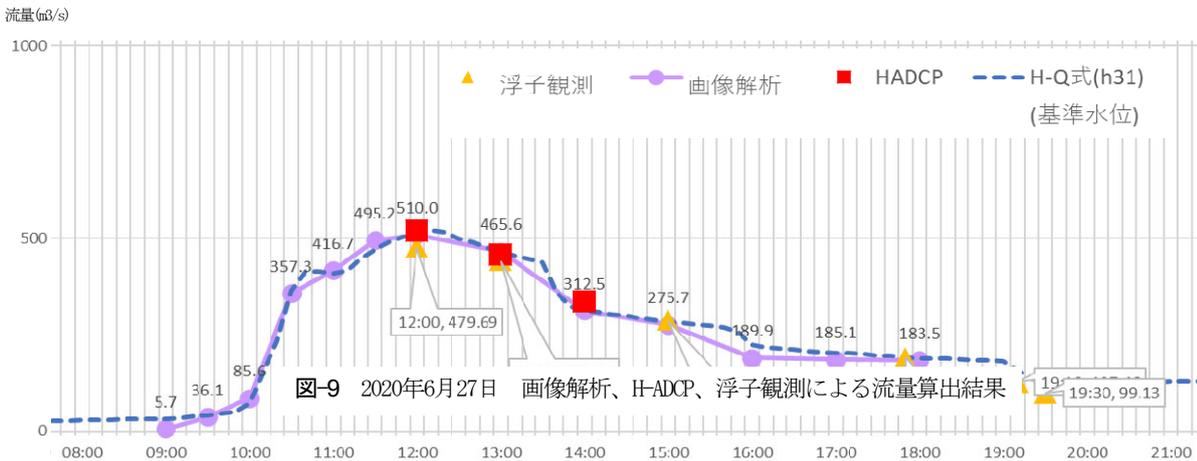


図-9 2020年6月27日 画像解析、H-ADCP、浮子観測による流量算出結果

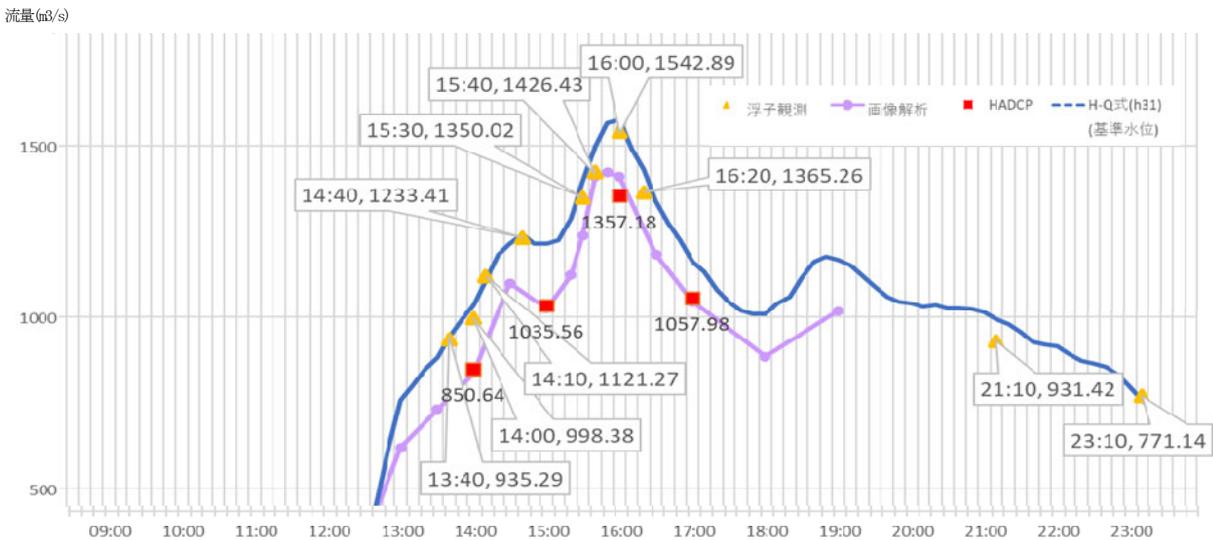


図-10 2020年7月6日 画像解析、H-ADCP、浮子観測による流量算出結果

(2) 画像解析用カメラ

新規にカメラを設置した状況(写真-7)とカメラアングル(写真-8)を示す。



写真-7 上曾木観測所 画像解析用カメラ設置状況



写真-8 画像解析用カメラアングル状況

2020年6月27日及び2020年7月6日に計測したデータを用いた流量算出結果を示す(図-11, 12)

曳航式ADCPによる測定は、6月27日に2回、7月6日に1回しか計測できていない。6月27日は準備と横断方向への計測に時間がかかったためである。また、図-12に示しているが7月6日13時頃に急激に水位が上昇し流速が速くなったため、曳航式ADCPが水面で跳ね上がり(写真-9)観測が危険と判断したため、この後の観測は断念した。



写真-9 曳航式ADCPの跳ね上がり状況写真

流量比較の結果、画像解析はADCPとほぼ同等の流量を示していたが、浮子観測とは1割程度の差が生じていた。柿坂観測所と同じく、正確な時間にピーク流量を算出することができた。

(3) 取得データを用いた流量算出結果の比較検証

画像解析結果、ADCP計測結果、浮子観測による流量算出結果を比較し、画像解析結果の妥当性を確認した。

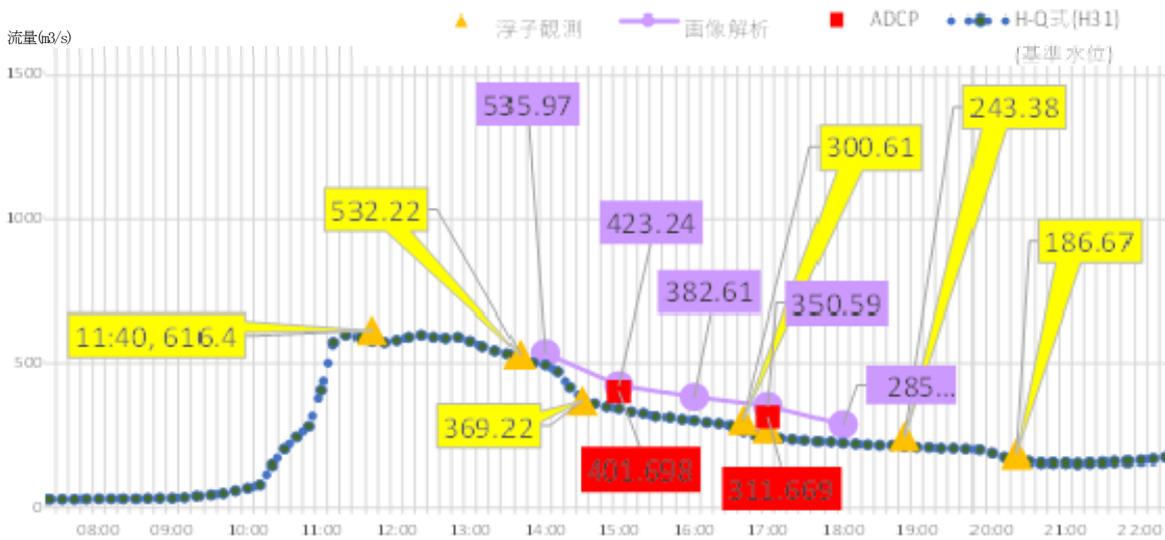


図-11 2020年6月27日 画像解析、ADCP、浮子観測による流量算出結果



図-12 2020年7月6日 画像解析、ADCP、浮子観測による流量算出結果

7. まとめ

画像解析での流量算出結果は、浮子観測とは1割程度の差が柿坂・上曾木の両観測所で生じたが、ADCP・H-ADCPとはほぼ同等の結果となった。浮子観測ではピークを捉えきれないこともあるが、画像解析はデータ保存により、後日でもピーク等を確認できる利点がある。また、機器を設置しておけば無人での観測が可能になり、安全性が向上し、横断方向の測線を増やせることなど、精度向上にもつながるものとする。

今後も浮子観測ができなくなる出水も生じると考えられることから、柿坂・上曾木観測所の浮子観測のバックアップとして画像解析による流量観測ができるよう準備しておくとともに、上曾木観測所では流速が速く、ADCPによる検証ができなかったことから、新たな検証方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局：国土交通省河川砂防技術基準調査編
- 2) 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）