

CCTV画像を活用したPIV法による流速・流量観測について ～（粒子画像速度計測法[Particle Image Velocimetry]）～

四国地方整備局 那賀川河川事務所 調査課 原田 隆史

1、はじめに

1. 1、那賀川流域の概要



那賀川の流域概要図

那賀川は、剣山に源を発し、徳島・高知県境に沿って流下し、四国山地に深い溪谷を刻み、幾多の支川を集めながら、紀伊水道に注ぐ河川です。那賀川の氾濫によって形成された平野部は、その流域面積に比べると狭いが、那賀川が運んだ肥沃な土壌と豊かな水資源に恵まれ、徳島県南部の中核的な地域を形成しています。幹川流路延長は125km、流域面積は8

74km²。このうち流域面積に占める山地面積の比率は92%と高く、山地が河口近くまで迫っています。さらに那賀川流域は、台風常襲地帯に位置し年間降雨量は上流域で3,000mmを越え、下流域でも2,500mmに達し、全国でも有数の多雨地帯です。

1. 2、流量観測にCCTV画像の活用

那賀川・桑野川は全国でも有数の急流河川であるため、洪水の流出が早く、流出量も短期間で急激に増加の傾向にあり、精度の高い流量観測の実施が困難な河川です。

近年、流量観測業務の省人化と精度管理・向上を図る観点から、新しい流速・流量観測システムが開発されつつあります。そのひとつである画像解析（以下「PIV



H15. 5. 31台風4号による出水状況（古庄観測所）

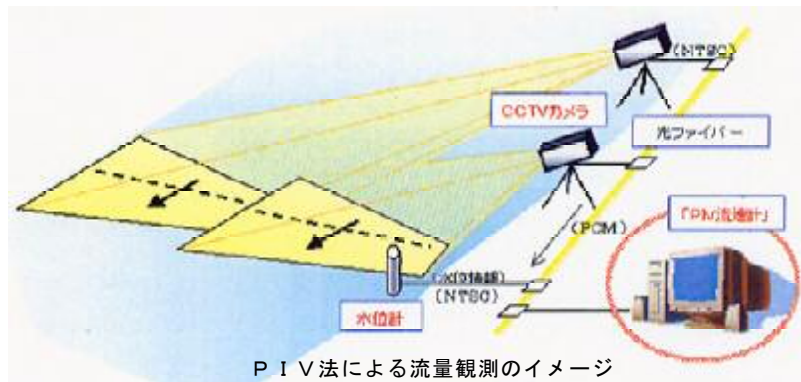
法」という)による流速・流量観測は、水面を撮影した画像を用いることから、一度設定を行うと時間的に連続して計測することが可能であり、また観測時に現場に赴く必要がないといった特徴があります。

那賀川河川事務所では、「光ファイバー網整備事業」により、光ファイバー網とともに河川管理用CCTVの整備を進めています。既設CCTV画像を用いて流速・流量観測を行うことが可能であれば、既存施設の有効利用という観点を含め、流量観測業務の省人化と観測精度の向上につながると思われます。そこで、管内の3流量観測所の既設CCTV画像等を用いて、PIV法による流速・流量観測を行い、その観測精度の検証および今後の課題を把握することとしました。

2、概要

2. 1、PIV法とは

PIVとは、Particle Image Velocimetry（粒子画像速度計測法）の略であり、2次元面内の流速分布を容易にかつ高精度で計測できる手法として、これまで流体力学から生物学まで様々な分野で採用されている手法です。

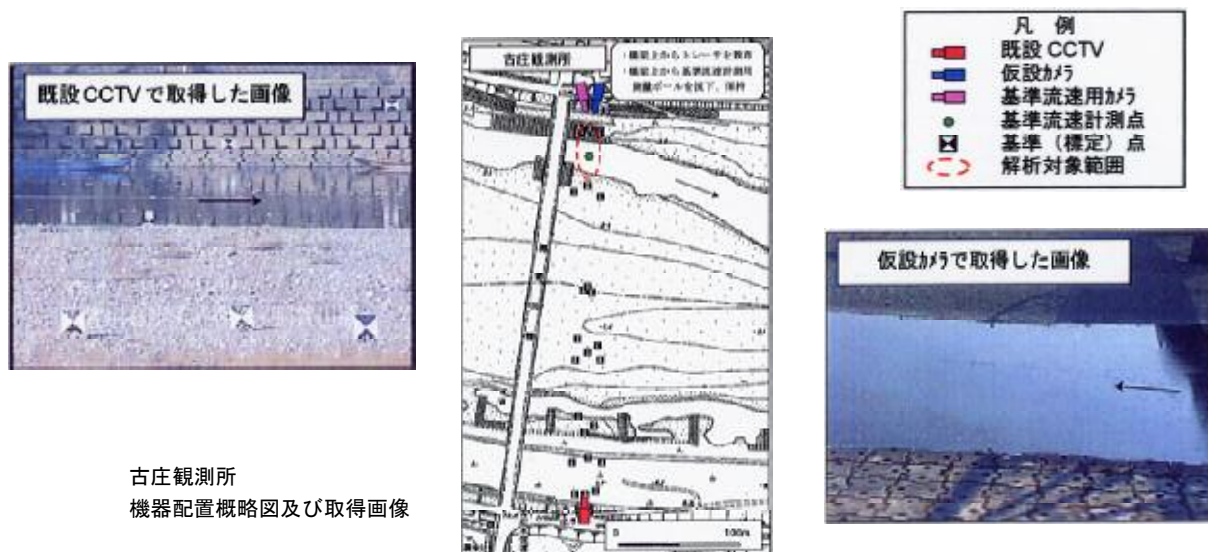


像相関)により検出し表面流速を計測するというものです。

2. 2、観測にあたって

観測地点は、那賀川古庄観測所、桑野川大原観測所、那賀川イコス堰観測所の3箇所です。CCTV画像の使用については、画像解析精度の観点から、一般的にPIV法の場合、1台のカメラの撮影距離は100m以内とされています。那賀川古庄観測所、イコス堰観測所の既設CCTVは撮影対象となる低水路まで100m以上離れた位置にあるため、カメラのプリセット・ズーム機能を用いて低水路全体を拡大した画角で撮影を行いました。

また、那賀川のCCTVは光ファイバーで接続されているため、事務所での記録画像の画質に劣化が少ないですが、桑野川のCCTVは現時点ではNTT専用回線で接続されており、準動画伝送となっています。そこで、桑野川大原観測所のCCTV画像は、現地の機側装置に画像記録装置を設置し、直接記録しました。



古庄観測所
機器配置概略図及び取得画像




CCTVによる映像(古庄観測所)

河岸等に設置されたカメラを用いて、時間の経過に従って変化する水面を撮影した動画画像から、画像上の任意の範囲が Δt 時間後に移動した量をパターンマッチング(画像相関)により検出し表面流速を計測するというものです。

3、観測結果

3. 1、観測の概要

平成15年2月7日に那賀川古庄観測所（距離標7K付近）、イコス堰観測所（距離標6K付近）および桑野川大原観測所（距離標9K付近）において既設のCCTVと堤防上に設置した仮設カメラにより画像を取得し、取得した画像を用いてPIV法により、表面流速の計測および流量計算を行いました。流量計算までの作業の流れは以下のとおりです。

	作業内容	作業状況
1	基準（標定）点の設置、計測 河道内、堤防上に仮設基準（標定）点を設置し、トータルステーションを用いて各点の物理座標の計測を実施しました。	 【基準（標定）点計測状況】
2	CCTV、仮設カメラ画像の取得 基準点（標定）点が画像上に6点以上映り込むように画角を設定し、動画画像の取得を行いました。なお、画像解析の対象となりうるゴミや流下物が少なかったため、画像取得時に生分解性トレーサを散布しました（右画像上の低水路内の白い物体）。合わせて、画像取得時の水位データを取得しました。	 【既設CCTV画像取得】
3	画像幾何変換 基準（標定）点及び取得画像を用いてCRT座標系から物理座標系に変換に必要な係数（変換係数）を求め2次射影変換により幾何変換を実施しました。	 【幾何変換画像】
4	(PIV法による)表面流速計測 画像上の小領域パターンが一定時間後に移動した先を画像解析（PIV法）により算出し、表面流速（ベクトル）を計測しました。	 【表面流速ベクトル画像例】
5	平均流速の算出	計測した表面流速に更正係数0.85（表面浮子使用時の係数）を乗じ、平均流速を算出しました。
6	流量計算	平均流速分布にそれぞれの区分断面積を乗じ、流量を計算しました。

3. 2、観測の結果

流速の観測は、4つの方法（機器）により実施しました。（次表のとおり）

PIV法による流速と基準流速の観測値の差は、0.007~0.143m/s（平均0.07m/s）です。この観測誤差は、画像解像度が0.07m/pixelであったことを考えるとほぼ計測限界といえます。次に画像解析による流量と昨年度のHQ式より計算した流量及び低水流量観測との比較では、流量の観測誤差は、0.038~1.711m³/s（平均1.041m³/s）です。

これらより、観測結果に多少ばらつきが見られますが、小さい流速であることを考えると概ね良好な観測結果となっているといえます。

流速観測結果一覧表

対象観測所	観測地点	PIV法による流速		基準流速	低水流量観測(流速計)	
		既設CCTV	仮設カメラ		平均流速	表面流速
那賀川古庄観測所	低水路中央	0.238	0.266	0.246	—	—
	低水路左岸	0.193	0.138	0.268	0.430	0.506
那賀川イコス堰観測所	低水路中央	0.456	0.388	0.313	0.290	0.341
	低水路右岸	0.203	0.341	0.226	0.190	0.224
桑野川大原観測所	低水路中央	0.006				

※基準流速：画面上に既知の大きさの物体を映し込み、その周辺を流れるトレーサーの流下距離と時間より算出した表面流速。
 ※低水流量観測の表面流速：同時に行った低水流量観測結果から平均流速を0.85で除したものの。
 ※PIV法による流速：観測値の平均値。

流量観測結果一覧表

対象観測所	PIV法による流量		Hの式よりの流量	低水流量観測
	既設CCTV	仮設カメラ		
那賀川古庄観測所	11.671	9.014	10.604	—
那賀川イコス堰観測所	7.661	6.749	—	8.460
桑野川大原観測所	0.486	—	0.448	—

上記結果より、観測の回数が1観測所あたり1回であること、流速の小さな低水流量の観測しか実施できなかったことからPIV法による流速・流量観測について整理すると、

- ・画像解析による流量観測は、本来、波や硫化物が多い洪水時の観測を対象としたものであるが、画像取得時にトレーサーの散布を行い低流速時にも概ね適用可能です。
- ・今回の観測の差（誤差）は、画像解析の精度から起こる誤差であるため、PIV法で算出した流速の観測誤差は、洪水時の流速に対して小さく、洪水時の流速観測精度に大きな問題はないと思われます。
- ・さらなるPIV法の精度向上には、基準（標定）点の精密な計測や解析対象範囲を拡大撮影することによって画像解像度を上げるなどの対策が必要です。

また、今回の観測の結果等によりPIV法による流速・流量観測のメリットは、

- ・急激な水位上昇に対しても（画像取得が可能であれば）流量観測が可能です。
- ・浮子を流下させながら画像を取得することにより、浮子の流下方向・流下位置を明らかにすることが可能であり、浮子観測法の問題点等を把握することができます。
- ・PIV法と浮子測法の観測結果等の比較による相互の手法の観測精度の向上・評価をすることが可能であります。

4、これから

今回の結果では、流速の小さい低水流量時の観測しか実施できなかったため、今後引き続き観測を実施していくことにより、現場への適用性を検討していく予定です。

今年度は、昨年度実施できなかった実際の洪水を対象に水位上昇初期から減水期まで観測を実施し、また、画像取得時に浮子による流量観測も行っていくこととしています。

- ・PIV法による流量観測結果の精度確認・浮子測法との比較による相互の精度向上
- ・浮子の流下方向、軌跡等を明らかにすることにより浮子測法の問題点の抽出
- ・PIV法で使用する、表面流速での更正係数等の設定

などの検討を引き続き実施していきます。