



河川監視カメラを用いた都賀川出水時の水位および流速分布の画像解析による計測

藤田, 一郎
奥山, 貴也
小林, 健一郎

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 20:201-205

(Issue Date)

2016-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81011521>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011521>



河川監視カメラを用いた都賀川出水時の 水位および流速分布の画像解析による計測

Water level and velocity measurements of a Toga River flood by using images captured by river monitoring cameras

藤田 一郎¹⁾

Ichiro Fujita

奥山 貴也²⁾

Takaya Okuyama

小林 健一郎³⁾

Kenichiro Kobayashi

概要: 神戸市内を流れる都賀川は2008年7月28日に発生した突発的局地的集中豪雨による水難事故がきっかけとなって, 河川利用者に対する様々な対策が施されてきた. その中に, 兵庫県が設置した6台の河川監視カメラがある. 本稿では, これらの河川監視カメラで得られた映像から画像解析によって水位や流速分布を算出する手法について検討し, 2014年3月30日の出水を対象としてその有用性を検討した結果を示す.

キーワード: 都賀川, 画像解析, STIV, ゲリラ豪雨, 水難事故, 水位計測

1. はじめに

兵庫県神戸市灘区を流れ下る都賀川は, 流域面積 8.57km², 本川長 1.79km, 本川の平均勾配が約 1/40 の典型的な表六甲の急流河川である. この河川でゲリラ豪雨に伴う急な増水があり水難事故が発生したのは, 2008年7月28日のことである^{1), 2)}. 5名の死亡者を出すに至ったこの事故は, 神戸市が設置した河川モニタリングカメラが出水の様子を克明に記録していたことから全国レベルで注目を集め, ゲリラ豪雨というキーワードが広まるきっかけとなった. 高性能な X バンド MP レーダーが主要地点で整備され, ゲリラ豪雨に関する研究が活発に行われるようになったのも都賀川水難事故以降のことと言える. ここまで都賀川が注目を集めたのは, 「急激な増水」がどれほど危険なものであるかを, 誰にでもわかる形で河川カメラが「可視化」して見せた点にある. 一方で, 都市域における河川の親水施設の位置づけに関する議論も活発に行われた. 都賀川においてはその後も危うい出水があり, そのことを受けて様々な対策が施されてきた. 対策の中には河川沿いに設置された6台の河川監視カメラによる映像監視があるが, 本研究では2014年3月30日に発生した急な出水を捉えた映像を用い, 画像解析によって水位ハイドログラフと流速分布を得た結果について紹介する.

2. 都賀川におけるその後の出水と追加対策

2008年の水難事故の際には, 10分間で水位が1.3m以上上昇するなど, 急激な流れの変化が災害をもたらす要因となった. これを受けて, 都賀川では大雨洪水注意報などが発令されたときに作動する回転灯 (1.8km区間に14カ所) や横断幕が設置され, 2012年6月には電光掲示板も2カ所に配置された. この間, 河川利用者に対するアンケートも実施され, 回転灯点灯に関する正確な認知度が3割程度ということも明らかにされた³⁾. 神戸市の河川監視カメラの仕様も, 2分間毎に1フレーム撮影する形式から動画へ切り替わった. 水難事故発生後, 数年間は目立った増水は見られなかったが, ほぼ4年後にあたる2012年の7月21日昼間には10分間で67cm, さらに2013年7月3日夜間にも10分間で82cmの増水があった. 特に, 2012年増水では, あわやという危険な状

況が見られた。2012年7月の増水後、兵庫県によって施された対策は以下の通りである。

- ・河川利用者への安全啓発チラシの配布（2012年，3166枚）
- ・近隣小学校等への出前講座の実施（兵庫県）
- ・増水状況の注意看板設置（2012年9月，18箇所）
- ・大雨洪水注意報／警報発表時に出入り口ゲートを閉鎖（2013年4月運用開始，26箇所）
- ・増水時に、近くの出入り口までつなぐ避難通路を設置（2013年6月設置，高さ50cm，13箇所）
- ・近くに入出口が無い箇所にはトラップを設置（2013年7月設置，15箇所）
- ・増水時の様子をインターネットで監視できるように、カメラ設置（2013年9月から，6箇所，過去2日間の動画を完全録画）

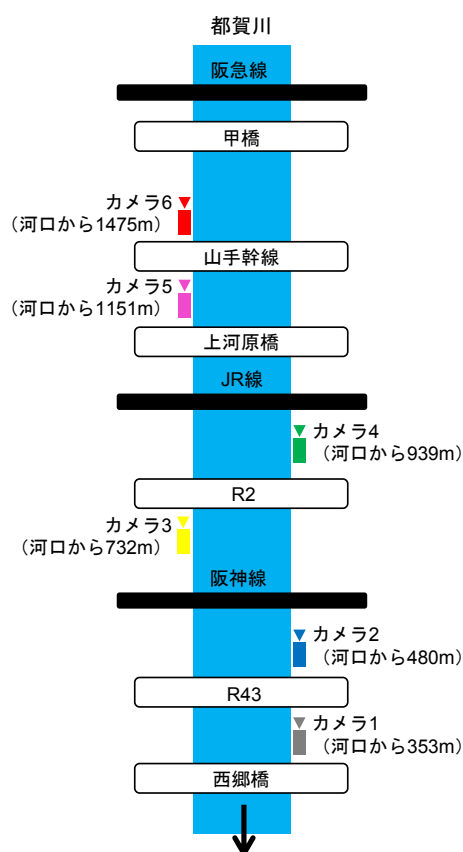


図 1. 河川監視カメラの設置位置

本研究では、これらの対策のうち、河川沿いに設置された河川監視カメラの映像を利用する。兵庫県による河川監視カメラ6台は図1に示すように都賀川本川下流で均等に配置され、全川の遊歩道の利用状況を同時に確認できる。アングルはすべて固定で夜間は近赤外線撮影モード（モノクロ動画となる）になるため、フレーム落ちはほとんどない。画像サイズは 320×240 画素で大きくはないが、河川幅が15m 程度のため、深夜でも十分な明るさが保たれている。そのため、河川の流れの様子は非定常な水面変動の様子を含めてよくわかる。動画は30fpsのflv形式で、1時間毎のファイルに分割され、合計で過去二日間のすべての映像が記録される。すなわち、時間の更新毎に古いファイルは最新のファイルに上書きされる。ファイルサイズは画像内の輝度変化のレベルにより50MBから500MB程度の範囲でアダプテ

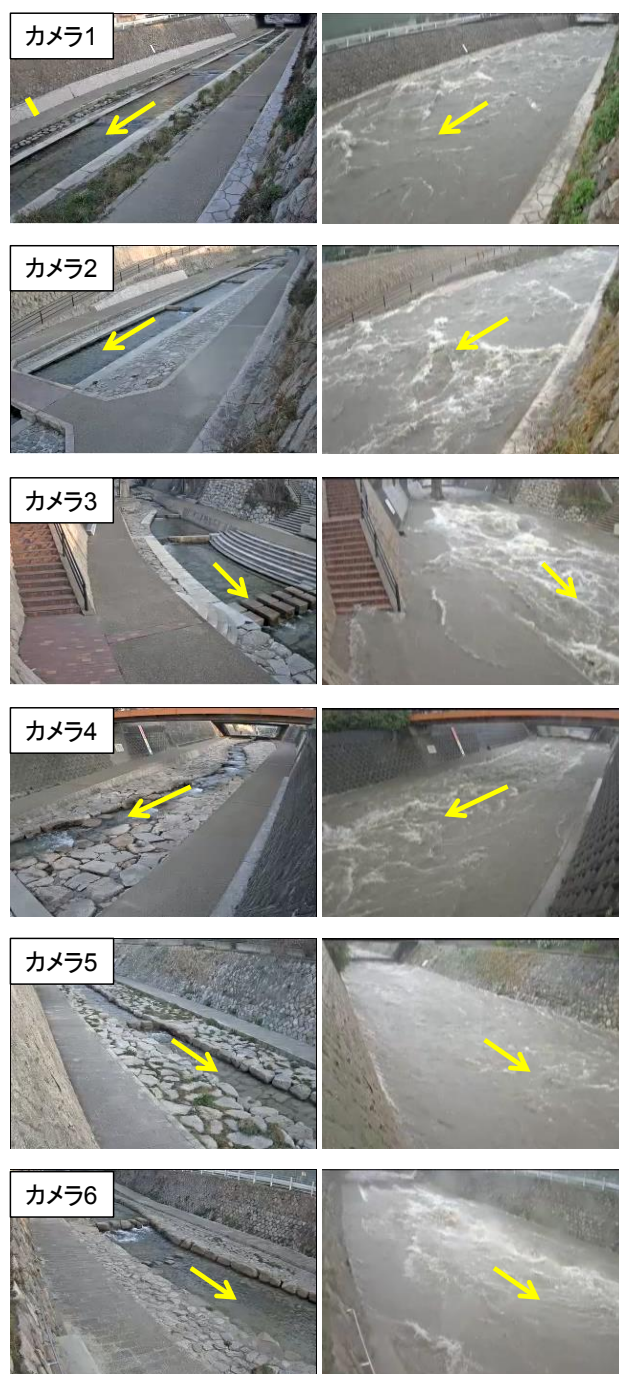


図 2. 河川監視カメラの画像
(※出水時の画像は2014年3月30日の出水)

ィブに変化する．ファイルのダウンロードに要する時間はネット環境にもよるが最大 1 ファイル当たり，5 分程度となる場合がある．平常時ならびに出水時において各河川監視カメラがとらえた映像の例を図 2 に示す．出水時の画像は本研究で対象とする 2014 年 3 月 30 日のものである．これらの比較により，出水時には河道内の遊歩道が冠水しており，人が逃げ遅れれば危険な状態となることが容易にわかる．

3. 検査線画像からの水位ハイドログラフの検出

ここでは，河川表面の画像から水位ハイドログラフを検出することを試みる．そのために，図 2 の左上に示したカメラ 1 の平水時の画像内に短い検査線を設定した．この画像で白く見えているのは，遊歩道の右岸側に追加対策で設置された高さが約 80cm の避難ステップであり，最終的に逃げ遅れた場合にはこのステップに避難できる．検査線はそのステップの側面に設定した．水位検出の考え方は非常に単純であり，水位が上昇し水面がこのステップに到達すれば検査線上の輝度分布が変化するため，その様子を時空間プロットすれば，それがすなわち水位ハイドログラフを表すデータとなる．図 3 にカメラ 1 地点で得られた時空間画像とそこに現れた陰影の包絡線から求めた水位ハイドログラフを点線で示す．縦軸は水位に換算してあるが，午前 9 時前から遊歩道が冠水を始め，10 分間で最大 80cm 程度水位が急激に上昇していることがわかる．図 2 の左上の画像からもわかるように，時空間画像に現れている影は水位が大きく変動しながら水位上昇しているため連続的な陰影となっていないが，包絡線はその平均的な水位変化をよく表している．このときの出水では約 1 時間後には水位が遊歩道レベル（標高 3.0m）まで低下していることもわかる．図 4 には上流側にあるカメラ 5 による水位の時空間画像を示す．この地点では標高データを取得していないため，縦のスケールは遊歩道上の相対的な水深に対応する．図 3 との比較より，カメラ 1 より約 800m 上流のカメラ 5 では明らかに水位の立ち上がり早くピーク水位も早く現れている．その差は 3 分程度であり，これより洪水波は毎秒 4m 程度の速度で伝播したと推定できる．他のカメラによる水位の時空間画像も得ることはできたが，水面変動が激しいことや背景と水の色の識別が困難なケースもあった．

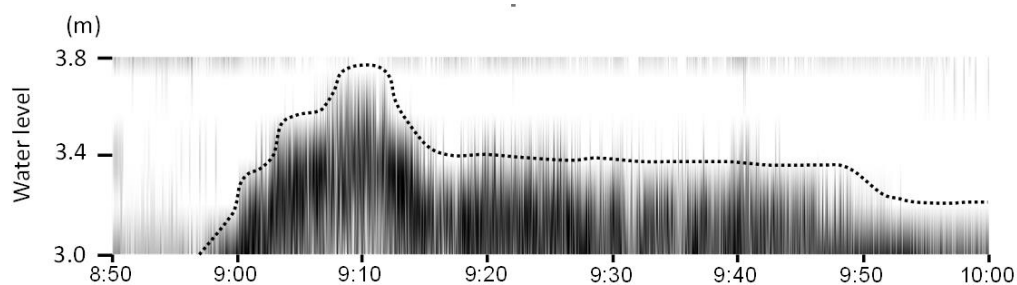


図 3. カメラ 1 地点での水位ハイドログラフ (2014. 3. 30)

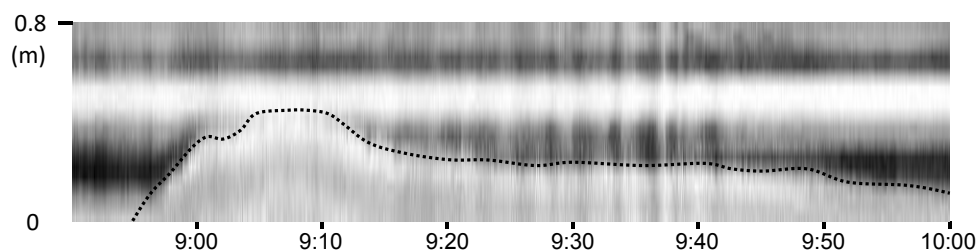


図 4. カメラ 5 地点での遊歩道上水深のハイドログラフ (2014. 3. 30)

4. KU-STIV による河川表面流速分布の計測と流量の推定

カメラ 1 の地点は他の地点と比べて水面変動が比較的穏やかだったため，画像解析手法により表面流速分布の算出を試みた．解析には KU-STIV⁴⁾を利用した．このソフトウェアは，Fujita ら⁵⁾が開発した STIV(Space Time Image Velocimetry)をベースとした河川表面流速分布の画像計測プログラムである．河川表面に想定した検査線上を通過する波紋による輝度分布を時空間表示し，そこに現れる斜めパターンの勾配から流速を算出するのが基本的な考え方である．ここでは，幾何補正した斜め画像上に検査線を設定した様子を図 5 に示す．

検査線の長さは約 5m であり、横断方向に各 20 本設定している。STIV による解析結果を図 6 に示すが、検査線の設定位置によって流速値に差が生じている。これは、図 2 からわかるように河床に設置された横断ステップの影響であり、ステップ上を越流する測線①では高速流が発生している。逆に測線③はステップ下流に相当し、流速が減速している。測線②はこれらの中に位置し、水深が区間で安定していることから、この区間で流量を算出する場合には測線②のデータを利用するのが良いと考える。

5. 結果と考察

本稿では、河川監視カメラからの映像情報を用いることによって、都賀川のような中小都市河川で発生する急激な水位変化や流速分布が得られることを示してきた。利用したのはいずれも画像解析による計測であるが、水位ハイドログラフや激しい水面変動がある中での流速分布を計測することができた。図 3 と図 4 の比較から洪水伝播速度を約 4m/s と推定したが、これは図 6 に示した低水路部の②の測定区間の表面流速と同程度であった。また、図 6 では、流速分布が非対称となっているが、これは左岸付近に縦断的に繁茂する植生抵抗のためであり、逆に STIV の結果はその影響がよく反映していると言える。ただ、計測誤差に関する検討は十分ではなく今後の課題である。都賀川の河川監視カメラの映像からわかることは、急勾配河川に多数横断構造物（渡り石など）が設置しており、出水時には流れが各構造物からの抵抗を受けて非常に大きな水面変動が発生していることである。このような水面の状態は静水圧近似した平面二次元解析で再現できないため、今後の検討が必要である。また、表面流速分布から流量を推定するためには、流速の水深平均値に換算する更正係数が必要となるが、浅水状態で水面変動が大きい場合については既往の研究がないため、この点についても検討が必要である。一方、著者らはこれまで都賀川流域を対象とした流出モデルの構築を進めてきているが、本稿で示したような河川監視カメラを用いた計測によるデータは、解析結果を検証するために不可欠なものであり、今後は流出モデルの精緻化に活用していく予定である。

謝辞

兵庫県が行った対策の具体的な情報および河川監視カメラのデータは、県土整備部神戸土木事務所から提供して頂いた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Fujita et al. : Image analysis and reconstruction of the 2008 Toga River Flash Flood in an urbanised area, Australian Journal of Water Resources, Vol. 16, No. 2, 151-162, 2013.
- 2) 藤田一郎, " 事故概要および流況, ピーク流量の推定", 河川環境管理財団河川整備基金助成事業, 2008 年 7 月 28 日突発的集中豪雨による都賀川水難事故に関する調査研究, 2009.
- 3) 眞間修一, 高田奈緒, 井上薫, 宮永和幸, 関正造, 藤代政弘: 都賀川における水難事故防止対策の効果と今後の課題, 河川技術論文集, 第 17 巻, pp. 419-424, 2011.
- 4) http://www.be-system.co.jp/navi_soft/soft_kustiv/kustiv.htm
- 5) Fujita, I., Watanabe, H. and Tsubaki, R.: Development of a non-intrusive and efficient flow monitoring technique: The space time image velocimetry (STIV), International Journal of River Basin Management, 5 (2), pp. 105-114, 2007.

筆者:

- 1) 藤田一郎, 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻, 教授
- 2) 奥山貴也, 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻, 博士課程前期課程学生
- 3) 小林健一郎, 神戸大学 都市安全研究センター, 准教授

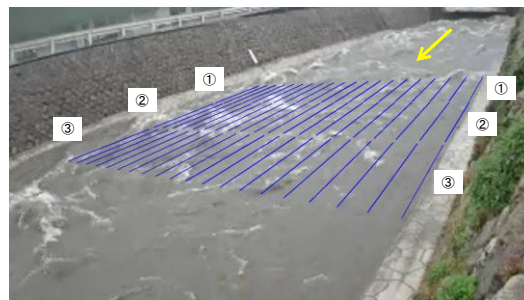


図 5. カメラ 1 地点での STIV による検査線設定状況

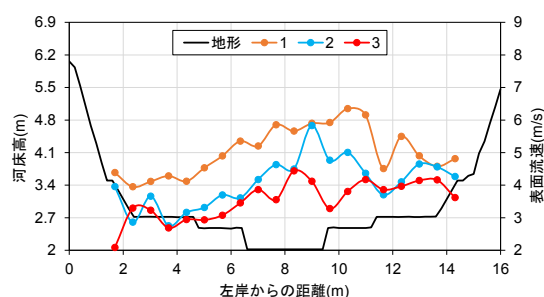


図 6. カメラ 1 地点での各検査線に対する流速分布

Water level and velocity measurements of a Toga River flood by using images captured by river monitoring cameras

Ichiro Fujita
Takaya Okuyama
Kenichiro Kobayashi

Abstract

The Toga River is a typical urban river flowing down from the Rokko Mountain with a steep slope in Kobe City. This river has come to be known for the tragic water accident occurred in 2008 due to a flash flood. After the accident with five casualties, a number of countermeasures have been applied by the local government, among which six river monitoring cameras were installed along the river. The authors have developed image analysis techniques for extracting water level and discharge information from the video images captured by the cameras. The techniques were successfully applied to a flash flood occurred on 30 March 2014. The hydrograph for stage and velocity distributions obtained in the present research can be used for evaluating a runoff model for the Toga River that will be developed by the authors.

©2016 Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, All rights reserved.