

中小河川における適切な治水計画策定のための
現地観測手法の確立

鹿児島大学大学院・理工学研究科・海洋土木工学専攻

安達 貴浩・齋田 倫範・小橋 乃子

中小河川における適切な治水計画策定のための 現地観測手法の確立

安達貴浩・齋田倫範・小橋乃子

1. 本研究の目的

我が国の中小河川では、10~30年程度の計画規模で高水計画が策定されることが多く、昨今の集中豪雨の多発化の影響もあって、中小河川の流域において、深刻な洪水被害が生じている。また、中小河川の高水計画の計画規模は短いために、奄美大島・河川のように、短期間に同一河川流域で、繰り返し水害が発生することも少なくない。さらに、一般に中小河川の流域面積は小さいことから、洪水到達時間が短く、このため、避難勧告発令の等のソフト対策の適用が困難となっている。

このような問題に対し、ハードとソフトの両面から適切な対策を講じていく必要があるが、そのためには、解析的アプローチによって降雨流出機構を適切に把握することが不可欠である。我が国の国土の約7割は山地であり、多くの河川流域においても、山地で生じる現象が少なからず降雨の流出過程に影響を及ぼしていること、また降雨の空間分布や土地利用の変化の影響を適切に評価することを想定して、本研究では、分布型の山地降雨流出解析モデルを構築した。さらに、最終的には中小河川への適用を意図しているものの、本研究では、構築したモデルの妥当性を検証することを目的に、水位、流量、河道データが比較的充実している川内川上流域を対象に、洪水再現計算を行った。

ところで、流出モデルの構築において流量データは検証データとして不可欠となるが、中小規模の河川では流量観測がなされていないことが多く、従来の手法で水害

リスクのある河川区間全てで流量の時系列を取得しようとすると、莫大な労力とコストを要することになる。そのため、できるだけ安価で簡易な流量観測手法を有効活用することが望ましい。以上のような状況を考慮し、本研究では、数多くある流量観測手法の中から、画像流量解析法を選定し、同手法を用いた流量観測システムの適用を試みた。

本研究は、中小河川における適切な治水計画策定のための現地観測手法を確立することを第一の目的としているが、上述したように、確立した現地観測手法は、降雨流出解析に有効活用されるため、本稿では、まず本研究の枠組みにおいて開発された流出解析モデルの内容を紹介し、その後、画像流量解析法の適用性について述べる。

2. 山地降雨流出解析モデルの概要

1) 集水域抽出モデル

まず、集水域を抽出する解析コードを構築した。本研究では、国土地理院が発行する標高5次メッシュデータ¹⁾より落水方向を1次元的に求めることによって、集水域を抽出した。図-1に、吉松水文観測所を下流端とした場合の、集水域の抽出結果を示す。

2) 降雨流出解析モデル

山地斜面には立川ら²⁾が開発した落水線に沿った1次元Kinematic Waveモデルを、また、本川河道にはDynamic Wave法を適用した。また、本川では河道の横断形状を考慮しているが、観測データが乏しい支川では、横断形状を矩形断面とし、マンニングの式を適用した。なお、上記のモデルにおいて、山地における流出形態はメッシュ中に存在する水分量に応じ変化し、マトリックス流れ、大空隙中の流れ、表面流出といった3段階の流出形態が出現することになる。

3) 計算条件

表-1 モデルパラメータ

モデルパラメータ	記号	単位	設定値
大空隙部	d_a	m	0.4
マトリックス部	d_m	m	0.1
大空隙部の透水係数	k_a	m/s	0.04
マトリックス部の透水係数	k_m	m/s	0.01
河川の粗度係数	n	$m^{-1/3}s$	0.03
山地の粗度係数	n	$m^{-1/3}s$	0.4
支川の流出幅	B	m	20

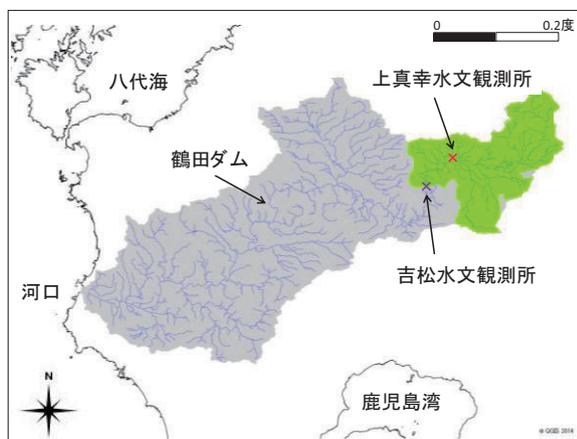


図-1 川内川流域と計算領域の概要

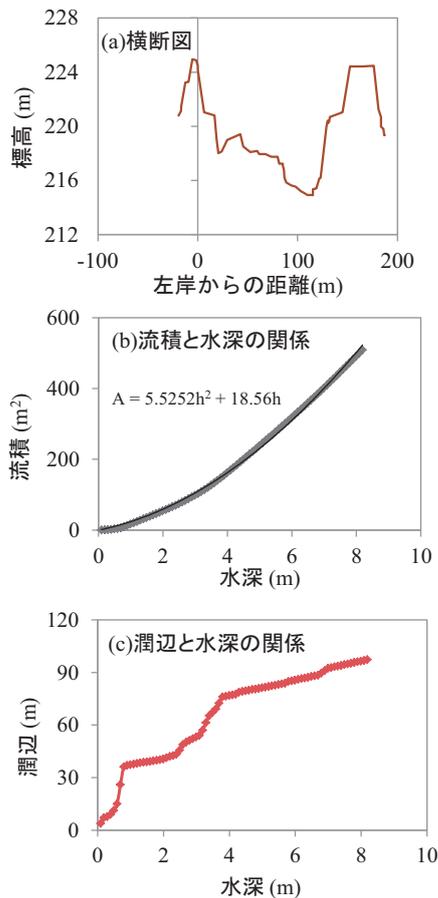


図-2 上真幸水文観測所 (104/000) 付近の河道横断形状

図-1の集水域に対して、2000/6/2~6/5、2005/9/4~9/7という2つの出水期を対象に流出解析を行った。モデルパラメータの値を表-1に示す。本川河道の横断測量データ(図-2(a))から、水深と流積の関係を表す回帰曲線(図-2(b))を決定し、その関係を用いてモデル中で水深から

流積を求めた。また、水深に応じて変化する潤辺の長さは、測量データから求められる関係を直接入力データとして与えた(図-2(c))。なお、本川モデルの上流端では、基底流出に相当する流量 $Q_{b1}=8\text{m}^3/\text{s}$ を常時与え、下流端では、吉松水文観測所での水位実測値を境界条件として与えた。また、入力降雨としては、集水域内の雨量観測点における10分毎の雨量時系列データを与えた。

4) 数値シミュレーションの結果

図-3に上真幸水文観測所における実測の水位・流量とシミュレーション結果の比較を示す。流量および水位のピーク前後や降雨停止後の減少過程において、若干の違いが見取れる。降雨を一様に与えていることがその原因と考えられるが、2000年、2006年いずれの出水においても、流量だけでなく水位の動態を比較的良好的に再現できていることが分かる。また、降雨量と下流端水位以外のパラメータを固定しても、2つの異なる洪水を比較的良好的に再現できていることから、構築したモデルは川内川の洪水を普遍的に再現できるものと言える。

このように本研究では川内川のみを対象としたが、中小河川を対象とする場合においても、上記モデルにおいて流域に適した各種パラメータを同定することで、降雨流出過程が明らかになるものと期待される。つまり、水位、流量、河道地形のデータの充実化が前提ではあるものの、中小河川において適切な治水計画を策定するためのツールが確立されたと判断している。

3. 現地観測手法の確立

上記の流出解析を適切に適用することを想定し、本研究では、河道地形、洪水時の水位、流量、さらには河川水質を、所定の精度の下、簡易に観測する手法を開発し

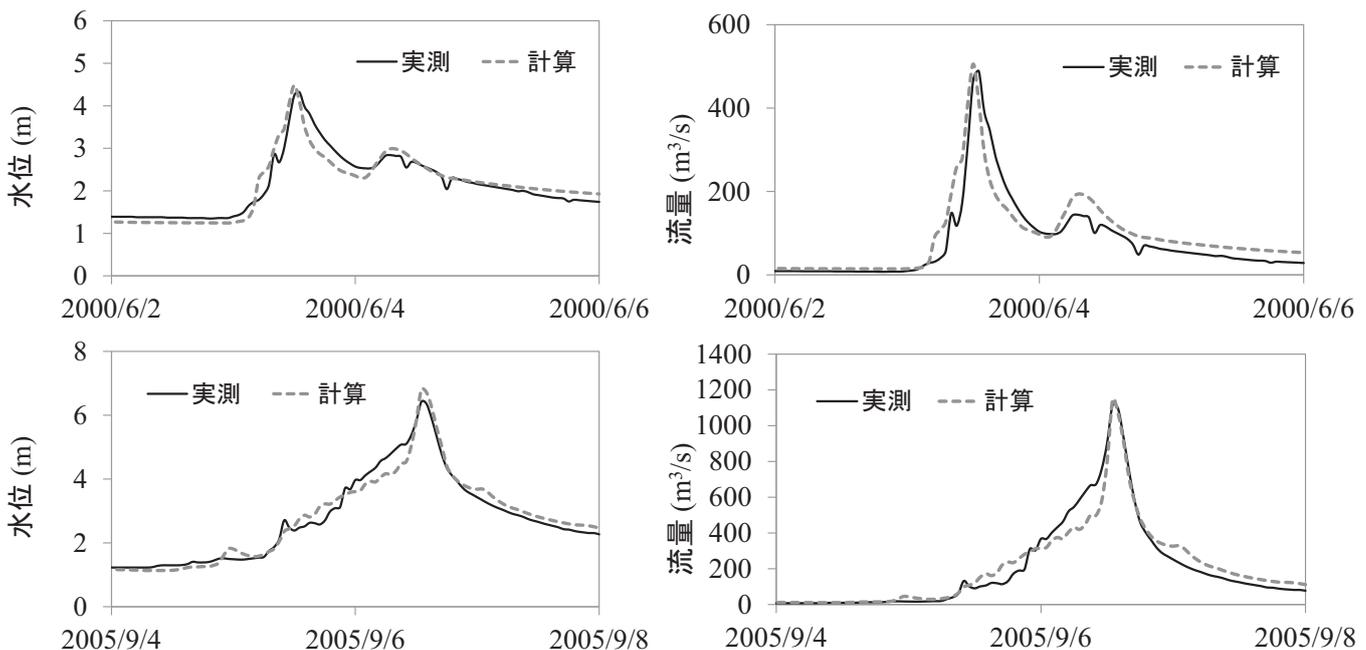


図-3 洪水再現計算結果と実測値の比較 (上図: 2000/6/2~6/5, 下図: 2005/9/4~9/7)

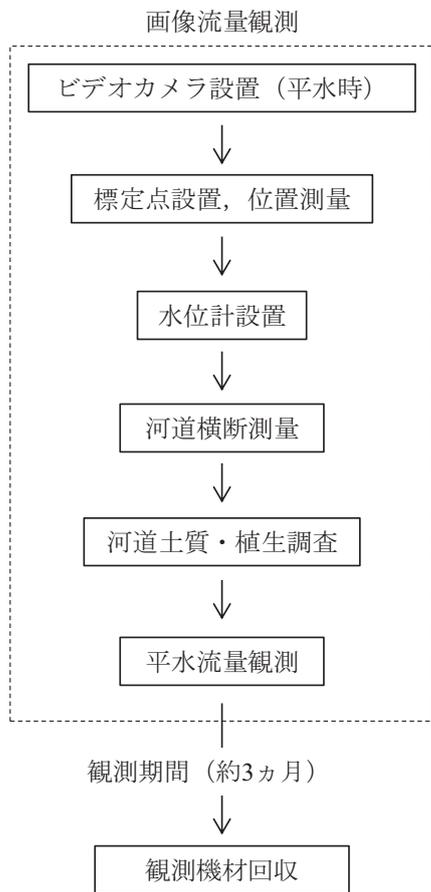


図-6 観測手順の例

た。この内、本研究で最も重点を置いた流量観測手法について以下に紹介する。

1) 画像流量観測システムの概要

一般にADCPのような高価な観測機器ないしは流量堰を設置しなければ、流量の時間変化はHQモデルによって求められる。HQモデルを適用するには、水位計を設置し、ピーク流量出現時を含めた幅広い流量条件に対する直接観測が必要になるため、遠隔地での調査には不向きである。しかも、熟練技術者による複数の観測が必要になるため、結果的にコストも高くなる。したがって、区間数が膨大に存在する河川すべてで、流量の直接観測を実施することは、現実的に不可能である。

このため本研究では、安価で設置が簡易な画像流量観測システムが有効であると考え、実河川での適用を目指した基礎研究を行った。図-4に画像流量観測の手順を示す。画像解析によって表面流速が計測可能となるが、他にも水位観測、河道横断測量、平水流量観測が必要である。なお、粗度係数については流速の鉛直分布から推定できるが、設定した粗度係数の妥当性を確認するために河床材料の土質特性調査や植生調査が必要となる。以上のような手法により、ビデオ設置（橋に設置）から回収までのおよそ3ヶ月間、無人で対象地点の流量時系列データが得られることになる。なお、撮影画像が持つ位置情報は、液晶モニターの座標系（以後、CRT座標系）

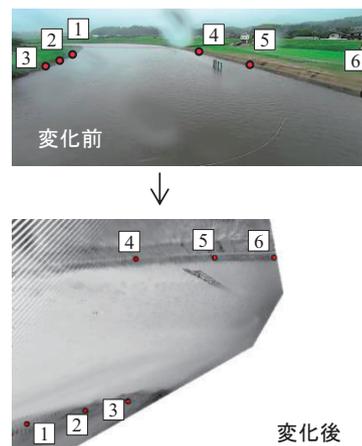


図-5 射影変換の適用例
(図中の丸点は標定点を示す)

のピクセル番号のみで、実際場の位置情報を持たないことから、撮影範囲内に標定点（4点以上）を設置し、物理座標系とCRT座標系の変換パラメータを求めた後、撮影画像を物理座標系に射影変換する（図-5）。

2) STIV法による流速計測

本研究では、藤田によって開発されたSTIV法^{3), 4)}を採用し、その適用を試みた。STIV法は、画像上の主流方向に検査線を設置し、そこを通過する物体の輝度値の時系列データを取得する手法である。また、得られた時空間画像の勾配から流速が求められる。このようにSTIV法では、輝度値を面ではなく線で捉えるため、横断方向の空間分解能が高く（1画素ピッチ）、主流方向に高密度な流量計算を行うことが可能となる。

ことから、本研究では、まず既往の研究通りに、STIV法を活用できるかどうかを確認した。川内川、種子島・屋久島の河川、岩手県河川等を対象に、検証データの取得を試みた。結果の一例として、鹿児島市上荒田町に位置する中州陸橋下の水路で行った観測結果を図-6に示す。なお、検証データとして電磁流速計を用いて流速が計測されている。この結果を見ても分かるように、実測流速とはほぼ同程度の画像解析結果が得られる。

3) 観測システムの汎用化

STIV法そのものについては、藤田によって^{3), 4)}重厚な研究が行われていることから、本研究では、同手法を簡易かつ安価に適用することに重点を置いた。まず、ビデ

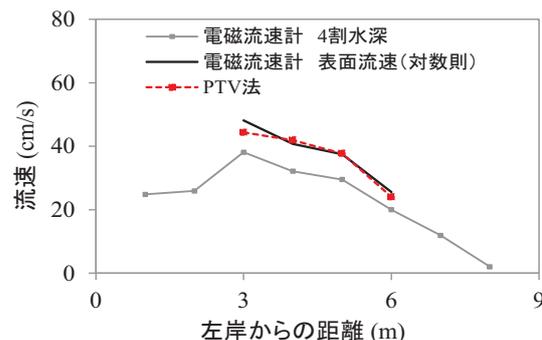


図-6 PTV法による解析値と実測値の比較

オの設置台数にかかるコストを抑えるためには、広角レンズの活用が有効である。ただし、得られる画像には歪みが生じるため、画像編集ソフトを用いて歪みを補正する手法について検討した。その結果、格子を一度画面に撮影し、曲線的にゆがんだ格子が直線になるように補正を行うことで、適切な補正が可能となることを確認した。なお、広角レンズを使用しても全横断面積を網羅できない場合があるが、そのような場合、複数台のカメラを設置せざるを得ないことから、画像を適切に重ね合わせる手法も確立した。さらに、水位の変化が射影変換に及ぼす影響を補正するための観測手法も確立した。

4. まとめ

本研究は、中小河川の洪水、ならびにそれに関連する現象を解明するという大きなテーマの下、中小河川における適切な治水計画策定のための現地観測手法を確立することを第一の目的として実施された。具体的には以下の取組を行った。

- 1) 中小河川への適用を意図した降雨流出解析モデルを開発した。
- 2) 水位、河道地形を安価で簡易に観測する手法を確立した。
- 3) 河川流量を安価で簡易に観測する手法を確立した。
- 4) 洪水時の河川水質を、高精度に観測する手法について検討を行った。

参考文献

- 1) 国土数値情報データベース・国土交通省
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 2) 立川ら：不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発 水工学論文集，第48巻，pp. 7-12.
- 3) 藤田ら：STIVによる劣悪な撮影条件での河川洪水流計測 水工学論文集，第53巻，pp. 1003-1008.
- 4) 藤田ら：時空間画像を利用した河川表面波紋の移流速度計測 河川技術論文集，第9巻，pp. 7-12.