

CCTV 等の映像データを活用した山地流域の洪水流出特性の把握

株式会社気象工学研究所 ○友村光秀、坂井大作
国土技術政策総合研究所 桜井亘、内田太郎、松本直樹

1. はじめに

山地流域の土砂移動現象を規定する山地流域の洪水流出特性を把握することは、砂防計画の立案、総合土砂管理、天然ダム等の危機管理などの上で、きわめて重要である（千葉・水山、2013）。しかしながら、豪雨時の山地流域の洪水は、水位変動が大きいこと、大量な土砂流出をとまなう場合が多いことなどの理由から、観測そのものが困難であり、一般的な水位計だけでは実態が十分に解明されているとは言い難い。

著者らは、全国の山地流域の雨量・流量データを収集し、流出特性と地形・地質・降雨特性等の流域特性との関係を分析した。また、タンクモデルや貯留関数法、分布型流出モデルで流出解析を行い、天然ダム形成時など十分な観測データがない場合であっても、ある程度の精度で流出率等の予測が可能になるようパラメータの範囲やパラメータと地形量、地質の関係に関する検討を行った（内田ら、2013、2014；友村ら、2015）。しかしながら、災害を引き起こすような非常に大きな降雨時のデータを収集・分析するには至らなかった。

一方、直轄砂防事務所においては、CCTV 等の映像取得が積極的に行われており、この CCTV 等の映像データを用いて山地流域の流出特性を把握することができれば、格段に多くの山地流域の流出特性に関する情報が蓄積されることが期待される。

これらのことを踏まえ、本研究では、近年、取得が進んだ CCTV 等の映像をもとに、流量の大きい場合の水位データ及び流量データを取得し、豪雨時の山地洪水の実態を把握するとともに、タンクモデルによる流出解析を行い、山地流域の流出特性把握における CCTV 等映像データの有効性の検討を行った。

2. データと方法

2.1 対象流域と CCTV 等映像データ

各地の国土交通省直轄砂防事務所にて取得された出水時の CCTV 等映像データあるいは、映像データを用いて水位・流量変換したデータを収集した。その結果、34 流域 101 出水事例のデータが収集できた。このうち、水位・流量データ変換済みは 31 事例、水位データが変換されており、流量変換のみ実施したのは 14 事例、映像データから水位を読み取り、流量変換をしたのは 56 事例であった。

映像地点は、砂防堰堤が多く、流路工の映像もある。映像データを用いて、基本的には、映像期間を通して 5 分間隔の流量データを作成した。34 流域の流域面積は 0.4~104km²、地質は火山岩がほとんどで堆積岩は 5 流域、深成岩が 3 流域であった。

2.2 雨量データ

雨量データは、気象庁の解析雨量(1km×1km)、降水ナウキャスト(1km×1km)、高解像度ナウキャスト(250m×250m)のうち、事例毎に取得可能な最も高時空間分解能のデータを用いた。降雨特性や流出解析に用いた流域平均雨量は、流域内に入る降雨メッシュの単純平均で求めた。

2.3 映像データから水位・流量データへの変換方法

水位データへの変換は、スケールが既知の構造物に設定した範囲において、キャプチャ画像の RGB データにおける変化率の解析から水面位置を抽出するプログラムを検討したが、場所や画像の条件（時刻、気象条件等）により処理が困難であったため、目視により水位のピクセル位置を読み取り、水位に変換した。流量への変換は、床固工の設計に用いられる次式を用いた。

$Q=V \cdot A$ ここに、 Q ：流量、 A ：流下断面積、 V ：流速（マンニングの流速公式）

マンニングの粗度係数は、河川・砂防技術基準（案）に示されている代表値を河川の状況に応じて適用した。山地流路、玉石、大玉石については河川・砂防技術基準（案）では 0.04 以上となっているので浅野ら（2015）を参考にし、0.1 を設定した。

2.4 流出解析方法とパラメータの同定

流出解析は比較的データ期間の長い 20 出水事例を対象とした。流出モデルは内田ら（2014）と同様のタンクモデル（図-1）を用い、SCE- UA 法で二乗平均平方根誤差（RMSE）を評価関数にして同定した。

2.5 流量変換誤差の検討

解像度や映像範囲、目視による読み取り誤差等により画像データから水位への変換には誤差が発生する。今回の画像で中位の解像度である大沢川・岩樋谷止工の事例では、1 ピクセルあたりの水位幅は 2.9cm である。このため、読み取り誤差などで 2 ピクセル（水位 5.8cm）ずれた場合は、15mm/hr 程度のピーク流量時で約 6% の誤差となる。

また、不確定要素としてマンニングの粗度係数があるが、山地流路、砂利、玉石の 0.04 を基準とすると、0.03 の場合が 33% の増加、0.05 の場合が 20% の減少ということになる。さらに、上流側の勾配も考慮して、マンニングの粗度係数が 0.03 と小さく、上流勾配が設定よりも 2 倍、読み取りが 2 ピクセル大きかった場合、粗度係数 0.04 の場合の 1.99 倍になる。逆に、粗度係数が 0.05、上流勾配が 1/2、2 ピクセル小さく読んだ場合、0.53 となる。した

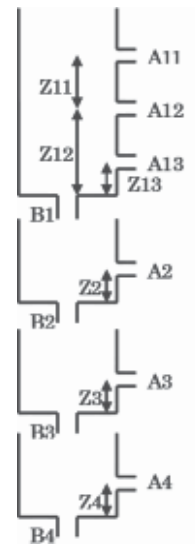


図-1 タンクモデル

がって、今回の算定した流量に対して真の流量は倍半分程度の可能性があることを考慮する必要がある。

3. 結果と考察

3.1 流域面積と流出特性との関係

図-2 に流域面積とピーク流出率の関係を示す。ピーク流出率(ピーク流出強度/ピーク雨量強度)は、深成岩の荒川、常願寺川は他と違う傾向であるが、その他の地質では、同じばらつきの中に含まれており、流域面積が大きくなると流出率も小さくなる傾向が明らかである。特に、10km²程度より小さい流域では、流出率が1を上回る事例が現れ、その多くは土石流状の流出であった。

その他、流域面積とピークの遅れ時間の関係では、流域面積が小さくなれば遅れ時間も短くなる傾向が確認された。また、積算雨量やピーク雨量、API 指数と流出率、遅れ時間への影響は明らかでなかった。

3.2 流出解析結果

図-3 に流出解析結果の例を示す。図-3 の下図のように比較的鋭いピークを表現できている例もあるが、概して観測値に比較してなだらかなヒドログラフとなった。出水全体の観測流量がないと SCE-UA 法が有効に作用せず、例えば 1 段目タンクのパラメータに絞る等の工夫が必要であろう。

図-3 の上図、岩樋谷止工の例のように、複数の出水に対する最適パラメータと個々の出水の最適パラメータでは、再現性がずいぶん異なる。これは、降雨により流出形態が異なることが推測される。富士山麓のこの流域の場合、通常の雨では浸透量が大きく、土石流が発生した時には流出が大きくなることが考えられる。

小葉竹ら(1983)の一般パラメータによる流量に比べて、全体的な流出率は小さいが、ピークが高くなる傾向がある。すなわち、山地流域では、通常は流量は小さいが、出水時には急激に大きなピークが生じる傾向がある。

4. まとめと今後の課題

今後の検討が必要であるが、現時点で得られた成果は以下のとおりである。

- ① CCTV 画像を利用して変換した流量データを用いて、大出水時の流出特性を把握する可能性が示された。
- ② 通常の水位計で観測できないような山地流域では、これまでの一般的な流出モデルによるヒドログラフよりも、全体的な流出率は小さく、ピーク流出率は高い傾向がある。

今後の課題としては、内田ら(2014)が水文水質データベースにある全国 164 の 100km²以下の山地流域(今回の流域より起伏・勾配が小さい)の流量データをもとに同定した地質毎の平均的なパラメータから算出される流出波形との比較がある。また、映像データの長期記録が望まれる。動画でなくても一定時間毎のキャプチャ画像でも有効なので、容量的にも十分可能であろう。

参考文献

- 1)千葉・水山(2013)：砂防学会誌, Vol.65, No.5, pp.50-55、
- 2)内田ら(2013)：砂防学会概要集、3)内田ら(2014)：砂防学会概要集、4)友村ら(2015)：砂防学会概要集、5)浅野ら(2015)：砂防学会概要集、6)田中丸(2000)：河川流出、土木工学における逆問題入門、土木学会、pp.105-117、7)小葉竹ら(1983)：土木学会論文報告集、第337号

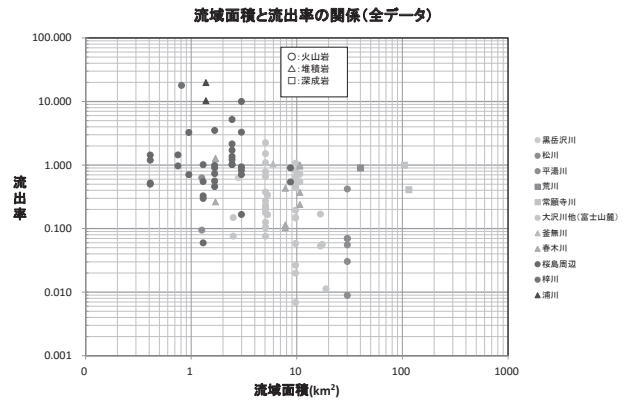


図-2 流域面積と流出率の関係

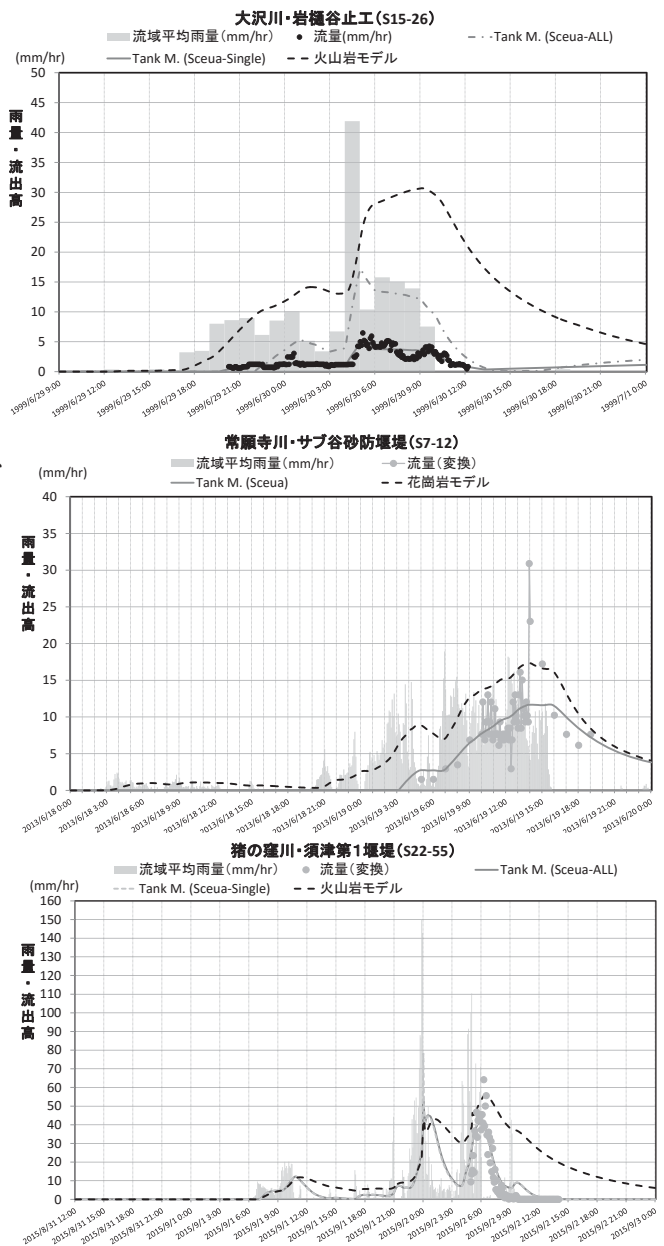


図-3 流出解析例(同定パラメータおよび地質による一般パラメータ(小葉竹ら, 1983))(上図: 大沢川・岩樋谷止工、中図: 常願寺川・サブ谷砂防堰堤、下図: 猪の窪川・須津第一堰堤)