

山地河川におけるフラッシュフラッドの発生要因の検討

京都大学大学院工学研究科 ○小林弘尚
京都大学防災研究所 宮田秀介・藤田正治・竹林洋史

1. はじめに

フラッシュフラッドとは、土石流と洪水の中間に位置するような現象で、山地や中山間地の河川などで発生する非常に急激な出水・増水現象と考えられている¹⁾。近年、フラッシュフラッドの発生事例や報道が多く見られる。しかし、フラッシュフラッドの発生機構に関する研究の例は少なく、発生機構の解明は未だ十分とは言えない。従来²⁾の研究から想定される発生要因として、源流域での豪雨や表土層厚の影響、小規模河道閉塞の決壊などが挙げられる。そこで本研究では水文学的な要因に着目し、降雨データ及び表土層厚がフラッシュフラッドの発生機構に及ぼす影響について、数値解析を用いて検討する。

2. 対象流域

岐阜県神通川水系金木戸川の流域を図1に示す。金木戸川は神通川水系双六川の支流であり、登山者や現地の住民の間ではフラッシュフラッドの頻発地帯として知られる。2005年8月にはフラッシュフラッドと考えられる出水で人的災害が発生した。本研究では災害発生地点を含む広河原地点より上流を解析対象とした。諸元は、流域面積が60.8km²、河道長が12.3km、平均河床勾配が0.09である。

3. 数値解析

3.1 モデル概要

流域を斜面部と河道部で分割して数値計算を行った。斜面部では、単位斜面を矩形で近似し解析を行った。運動方程式として、表面流はマニング則を、浸透流は飽和側方流のみを考慮してダルシー則を用いた。斜面の土層構造は高橋・中川³⁾を参考に2層構造とした。河道部の計算には、一次元不定流解析を用い、斜面と各支川からの横流入を考慮している。また、パラメータは山地流域で一般的な値を用いた。

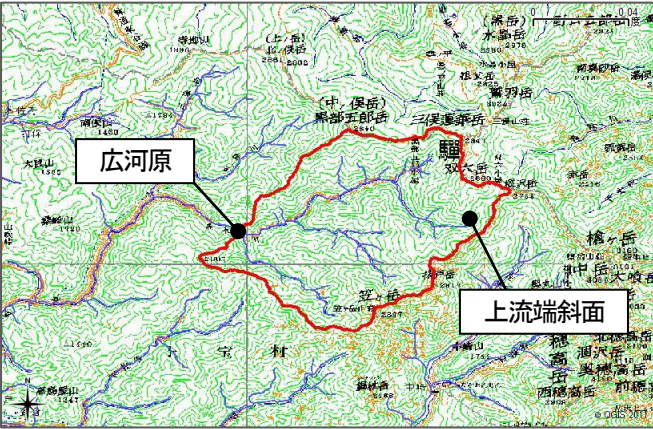


図1 金木戸川流域図

3.2 解析条件

3.2.1 降雨データ

降雨データは、広河原地点における地上雨量計およびCバンドレーダによる観測値を用いた。図2に、本稿での解析期間(2005年8月11日16:00~13日7:00)における降雨強度の時間変化を示す。広河原地点での雨量を比較すると、レーダ雨量は地上雨量よりも時間分解能が高く、より大きな極値を捉えていることが分かる。またレーダデータ間で比較しても違いがある。流域全体で平均した雨量のグラフは広河原地点付近の雨量のものより数10分遅れており、流域内での降雨のばらつきが影響していると考えられる。ただしレーダデータは、広河原地点を含むメッシュの解析雨量と地上雨量計観測結果から、当該期間で総降雨量が一致するように補正した。

3.2.2 表土層厚の影響

表土層厚が流出に及ぼす影響を見るために、70cmとした表土層厚から{1.5倍, 0.5倍, 0.25倍, 0.1倍}に変化させた条件で解析を行い検討した(表1)。

3.2.3 植生と表土層厚の関係

第6回・第7回自然環境保全基礎調査の植生調査³⁾から、対象流域の標高約2500m以上が森林限界であり、ハイマツやチシマザサなどで被覆されていることが確認された。ハイマツやチシマザサの根系深度は35cm程度であることから⁴⁾、標高2500m以上の表土層厚は35cmで与え、それ以外では70cmとした。

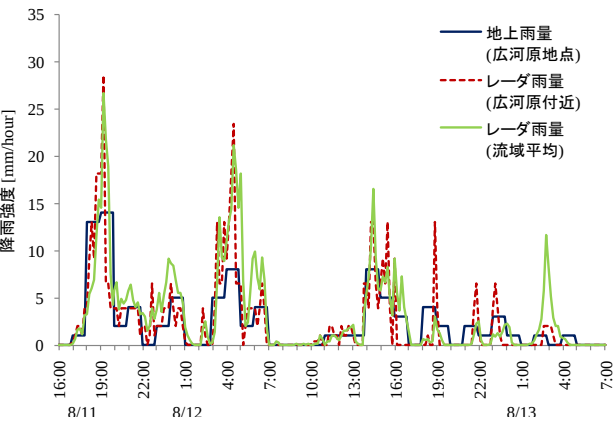


図2 各降雨データ

表1 解析条件

No.	表土層厚	降雨
case1.1	70cm(全域)	広河原地上雨量・全域
case1.2	70cm(全域)	流域平均レーダ雨量・全域
case1.3	70cm(全域)	レーダ解析雨量
case2.1	105cm(全域)	流域平均レーダ雨量・全域
case2.2	35cm(全域)	流域平均レーダ雨量・全域
case2.3	17.5cm(全域)	流域平均レーダ雨量・全域
case2.4	7cm(全域)	流域平均レーダ雨量・全域
case3	植生を考慮	流域平均レーダ雨量・全域

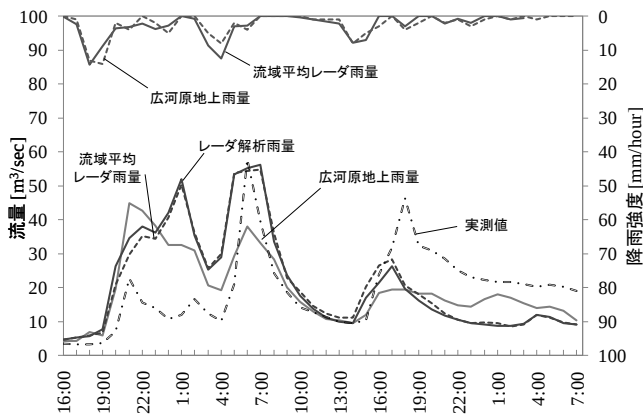


図3 降雨データの違いによる流量の時間変化(広河原)

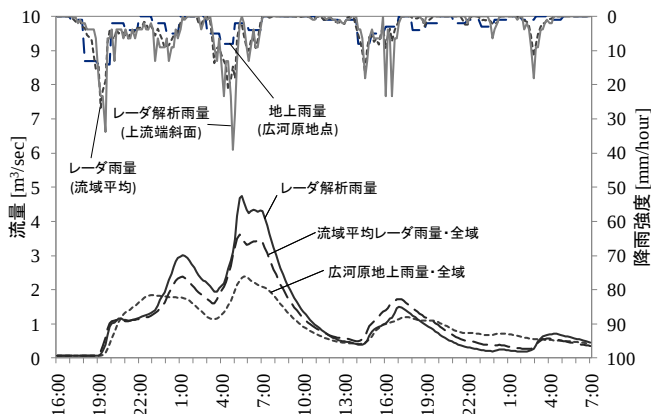


図4 降雨データの違いによる流量の時間変化(上流端斜面)

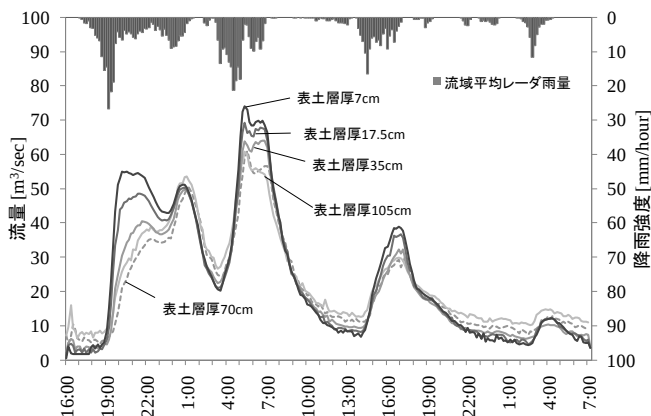


図5 表土層厚を変化させた場合の流量の時間変化(広河原)

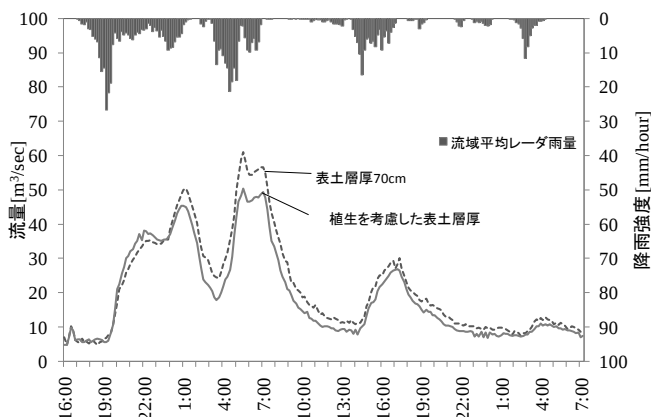


図6 植生から表土層厚を与えた場合の流量の時間変化(広河原)

4. 結果と考察

4.1 降雨分布の影響

図3に各降雨データを用いた広河原地点の解析流量と実測値の時間変化を示す。広河原の地上雨量計のデータを全域に用いると、1回目の立ち上がりこそ大きいだが、2回目のピークは小さい。Cバンドレーダ解析雨量を用いると、広河原地点では1回目と2回目のピークは、1回目を実測より大きく、2回目は実測値と同程度であった。

また、レーダ雨量を流域で平均した場合と解析雨量を用いた場合では、広河原地点においては明瞭な差はないが、上流端斜面では大きな差が見られる(図4)。特に、レーダ解析雨量を用いた場合では、流域で平均した雨量を用いた場合に比べ(地上雨量を用いた場合も含め)急激かつ大きな流出となった。これは、解析期間の総降雨量を比較すると、上流端斜面付近での値は、広河原付近の値に比べ、約1.5倍も大きいことが要因であると考えられる。また、1回目の降雨(11日18:00付近)に対する流出よりも、2回目(12日5:00付近)での流出の方が大きいことが分かる。これは、1回目の降雨時にほぼ飽和状態に達した土層には、2回目の降雨は浸透しきれず表面流となり流出したためと考えられる。

4.2 表土層厚の影響

図5に、表土層厚を変化させた場合の広河原地点での流量の時間変化を示す。表土層厚が薄ければ薄いほど、初期の流出が急激になり、ピーク流量も大きくなるが見てとれる。これは、表土層厚が薄くなると、表土層内に貯留できる水分量が減少し、降雨に対して流出が緩和されにくいということを表していると考えられる。

4.3 植生による表土層厚の分布

図6に、植生を考慮し表土層厚を与えた場合の広河原地点での流量の時間変化を示す。植生分布から表土層厚を与えた条件では、全域で70cmとした条件よりも初期の流出が鋭くなった。しかし、それ以降の流出は分布を与えた場合の方が小さくなった。これは土層厚の減少による斜面内の飽和側方流の流出量が小さくなった可能性も考えられるが、さらに斜面ごとの流出状況も検証する必要がある。

5. まとめ

フラッシュフラッドの発生に、表土層厚や降雨の偏在性が影響することが示された。以上より、フラッシュフラッドの正確な予測には、地上雨量計と合わせてレーダ雨量計による、高密度な雨量観測網が重要であると言える。

謝辞：一般財団法人日本気象協会にCバンドレーダによる解析雨量データを、北陸電力株式会社に地上雨量データ及び流量データを提供していただいた。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 松田如水・山越隆雄・田村圭司：鉄砲水の流出特性に関する研究、水工学論文集、第53巻、p.487-492、2009。
- 2) 高橋 保・中川 一：豪雨性表層崩壊の発生とその生産土量の予測、第30回 水理講演会論文集、p.199-204、1986。
- 3) 第6回・第7回自然環境保全基礎調査 植生調査 情報提供ホームページ：<http://www.vegetation.jp/index.html>
- 4) 荻住 昇：樹木根系図説、誠文堂、1979。