

山地河川でのピーク到達時間と流域地形の関係

東京大学 ○浅野友子

国土技術政策総合研究所 内田太郎

国土防災技術株式会社 小菅尉多, 小林浩, 敦賀屋研次郎

1, はじめに

山地域での急激な水・土砂流出による災害を予防するためには山地河川における洪水流出機構の理解が重要である。洪水ピーク到達時間は数 km² の山地流域内でも河道の位置によって異なり、この違いは流域の大きさや地形の違いによることが示唆されてきた。急峻な山地河川の洪水流出には斜面と河道における水移動が寄与し、斜面と河道では水移動の速度や形態が大きく異なるとされてきた。これまで斜面の流出機構についての知見は蓄積されつつあるが（例えば内田 2004）、河道での水移動の実態を明らかにした例は少ない。そこで本研究ではピーク到達時間の流域内の位置による違いと、斜面と河道からなる流域の地形との関係について詳細な観測に基づき明らかにすることを目的としている。これまでの研究から斜面の洪水時の応答は雨が降りすすむにつれ次のようになると説明できる①降雨が浸透し、難透水層上部に飽和地下水帯が発生する。②飽和地下水帯が連続するなど一定の条件を満たすと急激に側方流量が大きくなる。③②のような条件が整うと斜面内の貯留水量変化が小さくなり、降雨波形と流出波形が近づき、応答時間差が小さくなる。この知見に基づき河道も含めた流域全体を考えると、次の仮説が成り立つ。（仮説 1）降雨規模によりピーク到達時間に対する斜面と河道の寄与は変化する。（仮説 2）流域が十分に湿潤な状態になると斜面の応答の遅れはほとんど無くなり、流域内の位置の違いによるピーク到達時間の違いは河道の水移動のみによって説明される。本研究ではこれを検証する。

2, 方法

調査は伊豆半島にある東京大学樹芸研究所の青野研究林内の河道(流域面積 0.02~4.54km²)で行なった(図 1)。この地域の年平均降水量は 2,148mm, 年平均気温は 15.3°C である。河道は大小様々の礫からなる階段状の構造をしている。河道の最大 16 カ所に水位計を設置し 1 分間隔で水位を計測した。観測は 2009 年, 2012 年, 2013 年に行なった。ピーク到達時間は降水量の最大を記録した時間とピーク水位を記録した時間の差とした。5m メッシュの DEM を用いて地形解析を行なった。フリーのソフトウェア SAGA を用いて河道網を形成し、すべてのセルを斜面と河道セルに分け、斜面セルについては河道へ到達するまでの斜面長, 斜面勾配, 斜面長/斜面勾配を、すべてのセルについて水位観測地点までの河道長, 河道勾配, 河道長/河道勾配^{0.5}を計算した

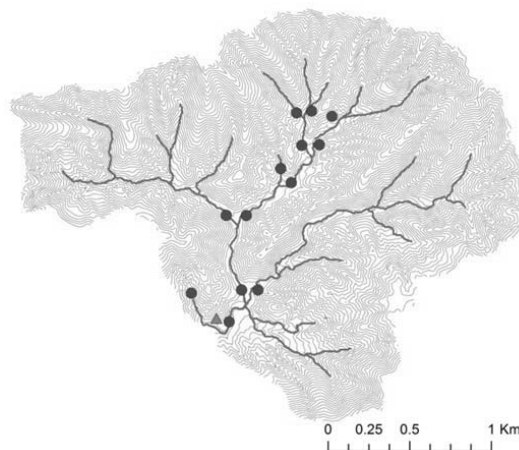


図 1 調査流域の地形と水位観測地点 (●) および雨量観測地点 (▲)

(http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/asano/sub_SAGAintro.html)。各観測地点間の比較のために、各観測地点についてそれぞれの地形指標の中間値を計算した。

3, 結果

3.1 地形解析

斜面セルの斜面長の分布範囲 0~421m である一方、すべてのセルの河道長は 0~2788m と、斜面長に

比べて河道長の分布の幅は大きかった。また、斜面長の分布は水位観測地点間で大きく違わなかったが、河道長の分布は水位観測地点の流域面積が大きくなるほど大きくなる傾向が明瞭であった。

3.2 観測した降雨とピーク到達時間の地点間における違い

最大1時間雨量8.5mm~90mm、総降雨量38~198mmの20の降雨に対する水位変動を捉えた。どの降雨についてもピーク到達時間は観測地点間で異なっていた。例えば2012年10月17日の降雨時(最大1時間雨量45mm、総降水量133mm)には、どの地点でもはっきりとした一山型のピークを観測したが、ピーク到達が最も速かった地点と遅かった地点の時間差は28分あった。また、2009年6月22日の降雨時(最大1時間雨量25mm、総降水量44mm)には二山形のピークが生じたが、1つめのピークが2つめのピークより大きい地点と小さい地点があり、ピーク到達時間の差は最大で289分であった。

3.3 ピーク到達時間の水位間測位置による違いと流域地形の関係

2012年10月17日の降雨時にはピーク到達時間は河道長や河道長/勾配^{0.5}が増加するにつれて遅れる傾向が明瞭であった(図2df)。一方、斜面長や斜面長/勾配とピーク到達時間の間には明瞭な関係が見られなかった(図2ac)。このような地形指標との関係は、特に強度の大きい降雨時に顕著であったが、地形指標との関係がほとんど無い降雨もあった。例えば最大1時間雨量20ミリ以上を記録した14降雨中11降雨で相関関係があったが、20ミリ以下の6降雨中では2降雨でのみ相関があった。

4. 考察

4.5km²の山地流域の中では、ピーク到達時間には降雨規模にもよるが数分~数時間の差があった。特に、強度の大きい降雨の場合、ピーク到達時間は河道長や勾配と明瞭な関係があったことから(図2)、ピーク到達時間の差を生む主体は河道での水移動であり、斜面の水移動の違いの寄与はほとんど無かったと考えられる(仮説2)。一方、降雨によってはピーク到達時間は河道長や勾配との関係もほとんどないことから、ピーク到達時間に対する斜面と河道の寄与は降雨によって変化することが示唆された(仮説1)。

5. 結論

山地域の洪水流出において、河道の水移動にも着目しピーク到達時間を調べたところ、雨が降りすすむと斜面間の応答の差が小さくなるためピーク到達時間の流域内の位置による違いはほぼ河道長や河道勾配に由来するようになることが明らかとなった。また、河道長とピーク到達時間がほぼ直線的な関係をもつ結果から(図2d)、多様な形状の山地河道においても洪水ピーク時の流速は流域内でほぼ一樣になることが示唆された。複雑で多様な形状の山地河道の水理特性については下流の沖積平野の河道に比べて情報が少ない現状があり、今後明らかにしていく必要がある。

参考文献

内田 2004 近年における山地の土砂移動現象にかかわる斜面水文プロセス研究の進歩, 砂防学会誌 57(2):58-64

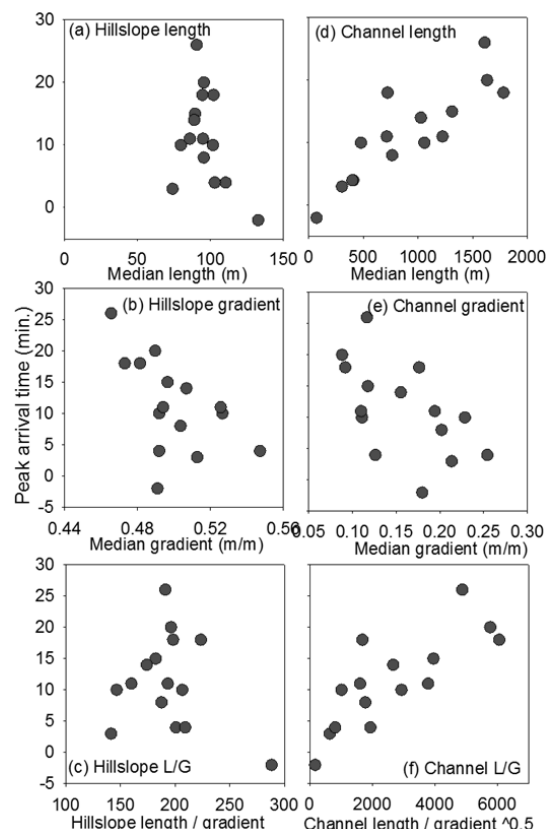


図2 ピーク到達時間と(a)斜面長, (b)斜面勾配, (c)斜面長/斜面勾配, (d)河道長, (e)河道勾配, (f)河道長/河道勾配^{0.5}