

大起伏山地における流出の遅れ時間の空間分布

筑波大学大学院 ○羽鹿孝文
筑波大学生命環境系 内田太郎・山川陽祐

1. はじめに

山地流域の水や土砂の流出特性は、斜面・河道・源頭部などにより流出プロセスが異なる上、地形・地質・土層構造などの場の条件を受ける。そのため、同スケールの流域でも降雨流出特性には空間的なばらつきが生じることが指摘されており（浅野ら，2018），降雨流出特性の空間分布を把握する重要性は高い。一方で、流域面積 10 km² 程度の中流域では、洪水流出により観測機器が破壊されることがあり、データ蓄積が不十分で研究事例は限られている。中流域の山地河道では急勾配で河床変動が生じる場合が多く、水面形も複雑となり、流量の把握は容易ではない。そこで、本研究では中流域かつ大起伏山地において、流量に依存しない遅れ時間を指標として、降雨流出特性の空間分布の把握を目的とし、研究を実施した。

2. 方法

2.1 対象地

対象地は、静岡県大井川水系東河内川流域内の 5 流域とした（図 1）。地質は付加体堆積岩である。対象とした流域の面積は、最大で 9.01 km²，最小で 0.160 km² である。

2.2 観測・解析方法

流域の中心近くで転倒マス式雨量計を用いて 10 分間の連続雨量観測を実施した（図 1，地点 R）。また、流域内の 5 地点で応用地質社 S&DL mini を用いて 5 分インターバルで水位観測を実施した（図 1，地点 A, B, C, D, F）。

2020 年 6 月から 10 月のイベントのうち、ピーク雨量が 2.5 mm/10 min 以上の降雨を対象とし、遅れ時間を流出ピーク時刻と降雨ピーク時刻の差として計算した。流出応答は降雨ピーク前後の連続的な降雨の影響を受けると考えられる。そこで、本研究では各降雨ピークに 6, 24 時間の「影響期間」を設定し、次の方法で降雨ピークを抽出した。

影響期間を t とし、降雨時刻の前後にそれぞれ $t/2$ の期間を設定し、降雨ピークの影響期間とした。ある降雨ピークが自身の影響期間の中で最大であれば、自身を降雨ピークとして抽出した。そうでなければ、大きいほうの降雨ピークに着目し、降雨ピークが抽出されるまで同様な処理を繰り返した。

降雨ピークに対応する流出ピークは、自身の降雨ピークから次の降雨ピークの影響期間までの最大水位とした。

降雨分布を考慮するため、流域外の畑薙と小河内（長島ダムまたは静岡土木事務所管理）の 1 時間降水量についても影響期間を定め、上記の方法で降雨ピークを抽出した。以下、対象地の雨量計と周辺の雨量計の降雨ピーク時刻が一致したイベントを「降雨ピーク一致イベント」と呼ぶ。ピーク水位と遅れ時間について、流域間でスピアマンの順位相関係数（以下、相関係数）を計算した。

3. 結果と考察

影響期間 6, 24 時間のそれぞれで、153, 54 の降雨ピークが抽出された。このうち、降雨ピーク一致イベントが各影響期間でそれぞれ 22, 10 イベントあった。

3.1 影響期間による遅れ時間の頻度分布

影響期間を 6, 24 時間に設定した場合、全イベント遅れ時間の頻度分布の概形は多少の違いはあるものの、大局的には変化しなかった（図 2）。

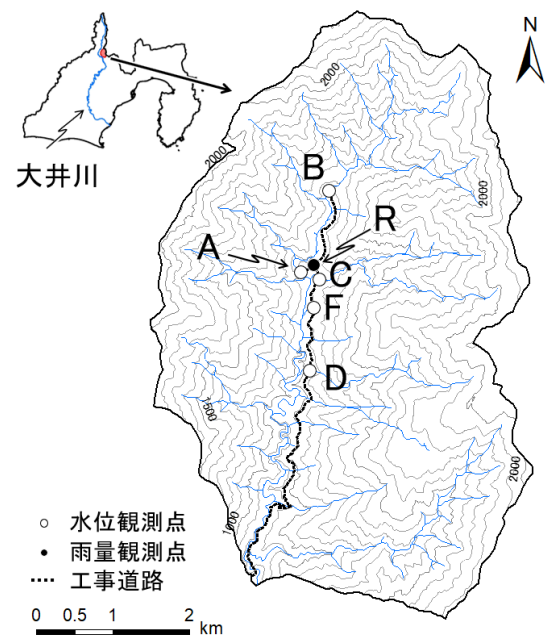


図 1 対象地 流域 A, B は本川，流域 C, D, F は支川。等高線間隔は 100 m。

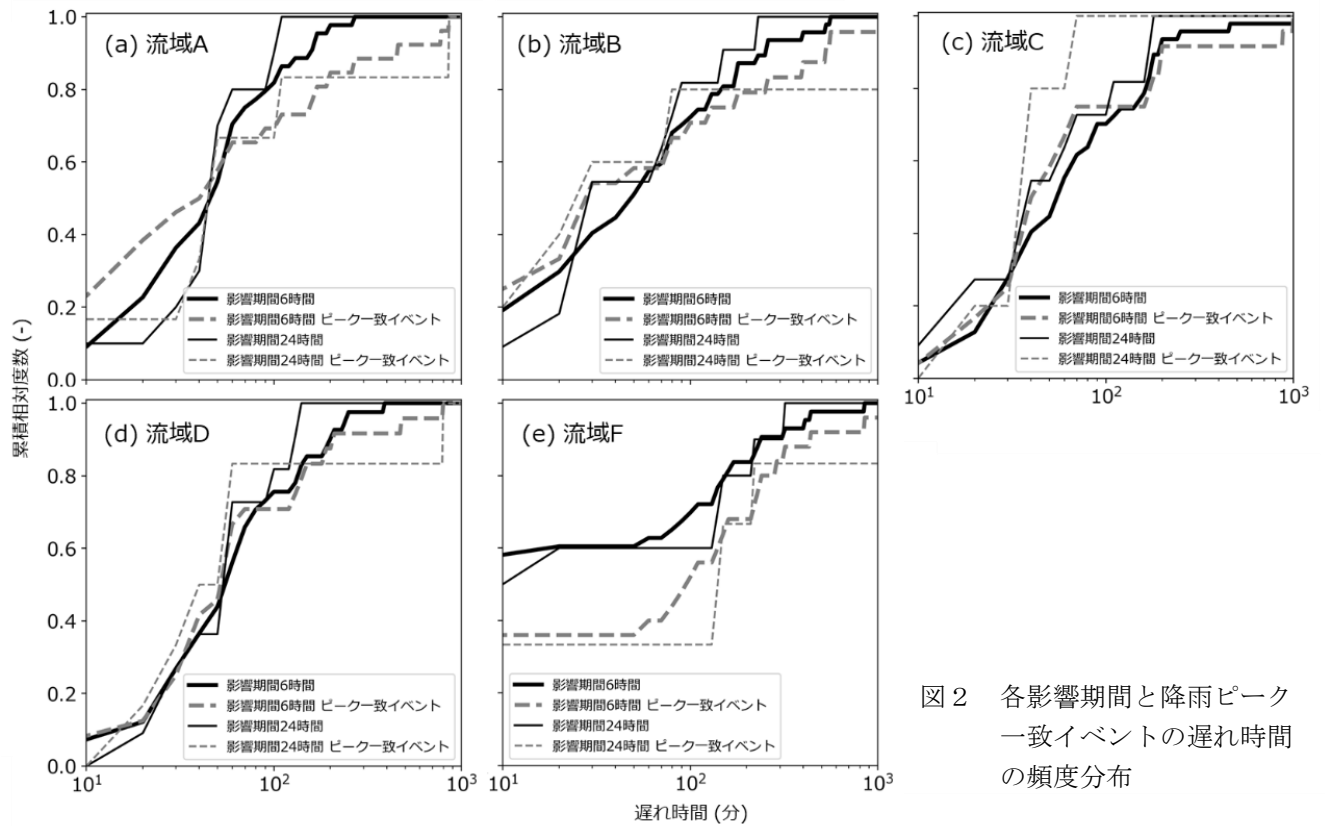


図2 各影響期間と降雨ピーク一致イベントの遅れ時間の頻度分布

3.2 降雨ピーク一致イベントの遅れ時間の頻度分布

流域 A, B, C, D の遅れ時間が短い 8 割のイベントは、いずれの影響期間でも、全イベントとピーク一致イベントの遅れ時間の頻度分布は大局的には変化しなかった (図 2, (a)~(d))。残り 2 割のイベントでは、全イベントとピーク一致イベントの遅れ時間の頻度分布は大きく変化したが、全体に与える影響は小さいと考えられる。流域 F では降雨ピーク一致イベントの遅れ時間の頻度分布は、いずれの影響期間でも全イベントの遅れ時間より長い傾向にあり、降雨分布や降雨規模の影響を一定程度受けていると考えられる (図 2(e))。

3.3 ピーク水位と遅れ時間の流域間比較

イベントごとのピーク水位の流域間の相関係数は、0.874~0.967 であり、概して相関は高かった。一方で、遅れ時間の相関係数は 0.159~0.728 であり、相関係数の大小が顕著であった (表 1)。すなわち、ピーク水位の空間変動は小さく、遅れ時間は空間変動が大きかった。本川流域 A-B 間や、同オーダーの本川と支川流域 B-C 間では、影響期間の長短に関わらず遅れ時間の相関係数が 0.610~0.728 と高かった。一方で、本川流域と異なるオーダーの支川流域 A-C, A-D, A-F 間や、支川流域同士 C-D, C-F, D-F の遅れ時間の相関係数は 0.159~0.451 であり、相関が小さい場合があった。本川・支川といった流域の位置関係や、流域面積の大小などの特性が遅れ時間の大小関係を規定していることが示唆される。

表 1 遅れ時間の相関係数 (全イベント)

流域	影響期間	
	6 時間	12 時間
A-B	0.610	0.644
A-C	0.372	0.314
A-D	0.240	0.451
A-F	0.382	0.379
B-C	0.658	0.728
B-D	0.481	0.598
B-F	0.220	0.540
C-D	0.436	0.250
C-F	0.159	0.298
D-F	0.328	0.376

4. 結論

影響期間を定め遅れ時間を計算し、一定程度降雨分布を考慮して解析した結果、本研究では降雨分布が遅れ時間に与える影響は小さかった。ピーク水位の空間分布は小さかった一方で、遅れ時間の空間分布は大きかった。流域の位置関係や流域面積の大小に、遅れ時間の大小関係が規定されている可能性がある。

参考文献

浅野ら (2018), 山地流域の水・土砂流出における空間スケールの影響(1): 流域面積に対する水・土砂流出量の応答に関する観測例, 水文・水資源学会誌, 31, 4, p. 219-231