

降雨域の移動が流出に与える影響

金沢工業大学大学院 学生会員 伊藤 優

1. はじめに

局地性の強い降雨や時間的、空間的に変化する降雨、また降雨域が移動した場合の降雨が河川への流出にどのような影響を与えるかということは洪水予測をする上で非常に重要であり、数多くの研究がなされてきた。Hjelmfelt(1981)¹⁾、Parlange と Sanda(1981)²⁾や Mizumura(2006)³⁾は、過剰降雨において傾斜面上に発生する地表流の非線形のキネマティックウェーブモデルによる解法を導いた。また、de Lima と Singh(2003)⁴⁾は室内実験により、降雨の移動速度と地表流のピーク流量の関係を示し、相対的なピーク流量が最大となるのは地表流の平均流下速度と降雨の移動速度が等しい場合であることを示した。本研究では地表流を対象とし、室内実験で降雨を発生させ、流域内の降雨域が移動した場合における流出の様相の変化や影響を検討する。これは水村が導いたキネマティックウェーブ法の非線形解の解明に対する第一ステップである。

2. 実験概要

図 1, 2 に示す降雨実験装置を用いる。降雨域は土を盛っていないステンレス製の水槽(長さ 4.5m, 幅 4.0m)を使用し、水槽を流下した雨水は水槽の周辺にあるトイ(幅 94mm, 高さ 47mm)へ流出する。その後、電磁流量計へと流入する。また、水槽の底勾配は 1/50 とする。降雨を発生させる雨滴ノズル(内径 2mm)は水槽から高さ 2.4m にあり、水槽と同じ面積で設置されている。雨滴ノズルは図 3 のように 5 分割されており、同じ数の雨滴ノズルが設置されている。水槽の上流側から順にライン No.1, No.2, No.3, No.4, No.5 とする。

実験ケースを表 1 に示す。降雨域の移動速度を 3 段階に変化させ、移動速度の変化が流出に与える影響に注目した。各ケースにおいて「降雨域は移動せず」とあるが、これは降雨域が固定された場合であり、降雨を発生させる場合は全ラインの雨滴ノズルを使用する。



図 1 降雨実験装置(水槽)



図 2 トイ部(水槽の周辺)

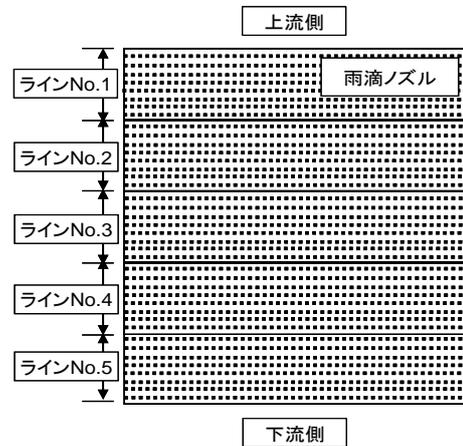


図 3 降雨実験装置(雨滴ノズル)

表 1 実験ケース(底勾配 1/50)

底勾配	移動速度(cm/s)	降雨のパターン	備考
1/50	0.6	上流→下流	ラインNo.1から開始
		下流→上流	ラインNo.5から開始
		降雨域は移動せず	全ライン使用
	1.2	上流→下流	ラインNo.1から開始
		下流→上流	ラインNo.5から開始
		降雨域は移動せず	全ライン使用
3.0	上流→下流	ラインNo.1から開始	
	下流→上流	ラインNo.5から開始	
	降雨域は移動せず	全ライン使用	

3. 実験結果

(1) 総降雨量について

流出に影響するパラメータを移動速度のみとしたため、全実験ケースの降雨強度がほぼ一定になるように実験をした。各実験ケースの総降雨量を表 2 に示す。

(2) 降雨域の移動方向が流出に与える影響

図 4 は総降雨量が等しい場合、降雨域が移動したことによる流出への影響を示している。移動方向は「上流側から下流側」と「下流側から上流側」の 2 パターンであり、さらに降雨域が固定された場合とも比較した。降雨域が上流側から下流側に移動した場合は流出が遅かったが、降雨域が固定された場合と比較し、ピーク流量は大きくなった。一方、降雨域が下流側から上流側に移動した場合は流出が早く、ピーク流量は降雨域が固定された場合と比較すると小さくなった。

(3) 移動速度が流出に与える影響

図 5 は、各移動速度の降雨域が上流側から下流側へ移動した際のピーク流量と、下流側から上流側へ移動した際のピーク流量の差を示す。移動速度が大きくなるにつれてピーク流量差も上限なく大きくなるわけではなく、ある移動速度まで達するとピーク流量差は小さくなった。

4. 考察

流域内の雨水の流下方向と移動速度の方向が等しい場合は流域出口に雨水が早く集中し、ピーク流量が大きくなる。そのため、降雨域が下流側から上流側に移動した場合や降雨域が固定された場合と流出の様相が異なる。したがって、洪水予測をする際は、流域内の流下方向と速度を考慮する必要がある。また、降雨域の移動速度を大きくしていった場合、ピーク流量差が無限に大きくならなかったことから、移動速度はある範囲を超えた場合、流出に影響を与えなくなることがいえる。

参考文献

1) Hjelmfelt, A.T.(1981).”Overland flow from time-distributed rainfall,” J. Hydraul. Div., 107(2), 227-238.
 2) Parlange, J.Y., Rose, C.W., and Sanda, G.(1981). “Kinematic flow approximation of runoff on a plane:

An exact analytical solution.”J.Hydrol., 53 171-176.

3) Mizumura, K.(2006). “Analytical solution of nonlinear kinematic wave model,” J. Hydrol. Eng., 11(6), 509-512.
 4) de Lima, J.L.M.P. and Singh, V.P.(2003). “Laboratory experiments on the influence of storm movement on overland flow,” Physics and Chemistry of the Earth., 28,277-282.

表 2 各実験ケースの総降雨量

底勾配	移動速度(cm/s)	降雨のパターン	総降雨量(m ³)
1/50	0.6	上流→下流	0.066
		下流→上流	0.066
		降雨域は移動せず	0.065
	1.2	上流→下流	0.033
		下流→上流	0.034
		降雨域は移動せず	0.033
3	上流→下流	0.012	
	下流→上流	0.013	
	降雨域は移動せず	0.013	

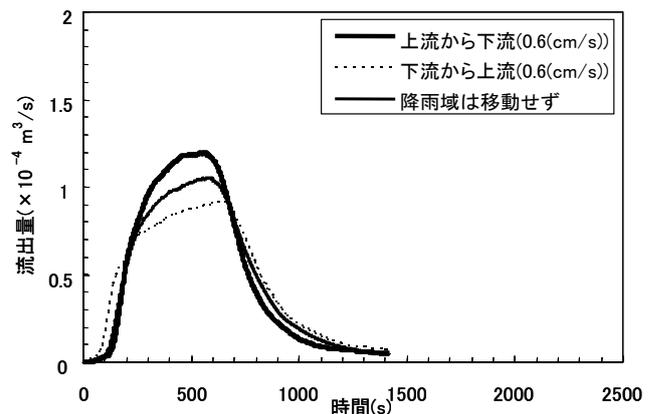


図 4 降雨域の移動が流出に与える影響

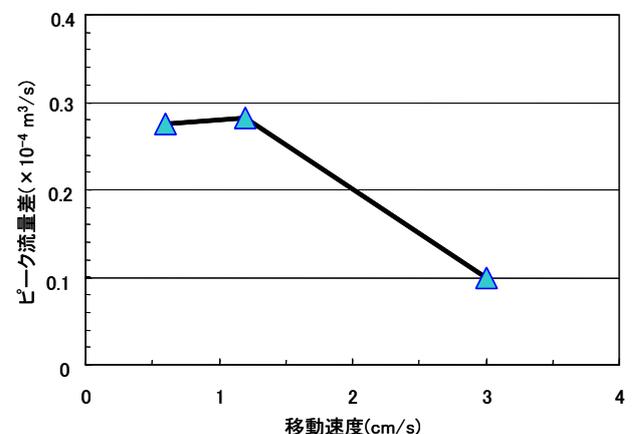


図 5 ピーク流量差