

降雨の空間分布の違いが都市域流出に及ぼす影響に関する研究 — 渋谷川を例にして —

中央大学大学院 学生会員 ○町田 果歩
 中央大学大学院 学生会員 小山 直紀
 東急建設(株) 正会員 高倉 望
 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

近年、日本の都市において短時間豪雨の発生回数が増加しており、河川の急激な増水や低地の浸水などの都市災害が多く発生している。また、そのような豪雨により下水道工事の作業員が流されるなどといった水難事故も発生している。このような被害を軽減するためにも、河川の氾濫や浸水状況をリアルタイムで予測し、早期の避難を促すような警報システムの構築などの対策が重要であると考えられる。また、豪雨の空間分布は毎回異なり、例え同一の降雨強度の豪雨が再来したとしても降雨の空間分布の違いによって水位は計画水位を超える可能性がある。

都市域に降った雨水は一般に下水道によって排水される。そのため、都市域で降雨流出解析をする際、下水道施設の影響を考慮する必要がある。また、都市域では他の地域に比べて合流式下水道が採用されている割合が高いため²⁾、多種多様な堰を有する流域においては、堰の形状によって下水が川に流入する様子が異なり、雨の降り方によって下水が川へ流入する様子も異なると考えられ、降雨の空間分布は都市河川の流出に関係するといえる。

一方で、空間的に高い分解能をもつXバンドMPレーダの普及により、局所的な短時間豪雨を観測することが可能となってきている。このXバンドMPレーダの活用により、都市部の比較的狭い流域における短時間豪雨を観測し、洪水流出をリアルタイムに予測することで素早い災害の対応を期待できる。

本研究では、図-1に示す渋谷川を対象として、レーダ観測雨量から河川流量・水位を推定し、実測流量・水位と比較する。また管路網計算の結果から降雨の空間分布が流量、水位に与える影響について分析を行った。



図-1 渋谷川流域

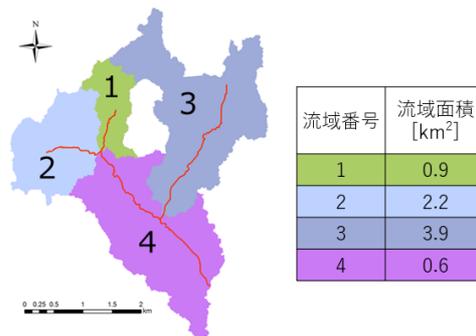


図-2 流域分割図

2. 対象流域及び計算方法

(1) 対象流域

本研究では渋谷川（流路延長 2.6km, 流域面積 14.0 km²）を対象流域とした。東京都が管理する水位観測所が存在する渋谷橋上流の集水域の代々木公園と明治神宮を除く 10.1 km²の集水域を対象とした。晴天時には下水はそのまま下水処理場へ流入するのに対し、降雨時には、幹線の堰を超えた下水は渋谷川へ流入する。また、下水道管路網計算において、本研究では主な4つの下水道幹線(古川幹線, 千駄ヶ谷幹線, 代々木幹線, 宇田川幹線)と渋谷川及び堰をモデル化した。

キーワード 降雨の空間分布, 流出解析, 都市流域, レーダ雨量

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03-3817-1807

(2) 地表面計算及び下水道管路網計算

地表面の流出計算には、山田ら³⁾が導出した合理式の解析解を用いた。また、降雨イベントについて、**図-2**に示すように対象の集水域を4つの流域に分割し、合成合理式を用いて流出計算を行った。使用した降雨データは国土交通省が配信しているXRAIN合成雨量データを用いた。各幹線の上流端の境界条件に、地表面計算で得られた流量をそれぞれ与えた。管路流においては、kinematic wave法を用いて次元不定流の計算を行った。堰の地点には長方形堰の越流量公式を用いた。

3. 結果

(1) 地表面計算及び下水道管路網計算の計算結果

図-3に、短時間集中豪雨の降雨イベントにおいて地表面計算と下水道管路網計算を一体化させた計算の結果と、合成合理式による地表面計算の計算結果の一例を示す。地表面計算のみの結果は概形はおおむね再現できているが立ち上がりなど細かい部分が再現できていない。これは、堰などの下水道施設の影響を考慮していない為だといえる。またそれと比較して下水道管路網計算をした計算結果はピーク流量、立ち上がりともに実測値をより再現できているといえる。洪水到達時間は流域1, 2, 3においては40分とし、流域4においては13分とした。流出率は0.9とした。

(2) 流域ごとの降雨を入れ替えた場合の計算結果

次に流域ごとに総量が同じであってもハイトグラフの波形が違った場合にどのように河川水位または河川流量に影響するかを分析し、降雨の空間分布が降雨流出に与える影響について考察する。

図-4に、**図-3**と同じ降雨イベントにおいて、流域ごとの雨を入れ替えた計算の結果を示す。4つの流域における降雨を、総量を変えずハイトグラフの波形のみを変えて計算を行った結果の一例を示す。雨を入れ替えた256通りの計算結果を比較すると、ピーク水位に約0.37mの幅をもつことがわかった。この降雨イベントにおいてピーク水位は約4.5mであるのに対し、雨の入れ替え計算を行った結果ピーク水位に0.37mと約8.2%の幅をもつことから、降雨の空間分布は降雨流出に影響しており、降雨の空間分布を捉えることは重要であるといえる。

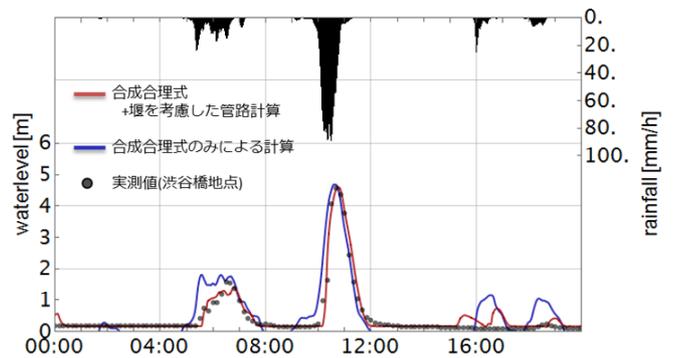


図-3 計算結果(2016年8月20日)

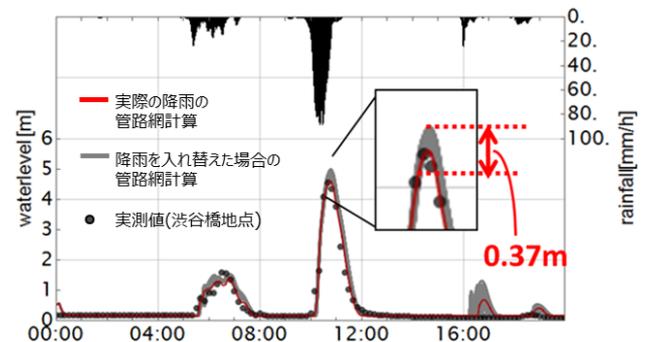


図-4 流域ごとの雨を入れ替えた計算
(2016年8月20日)

4. まとめ

- (1) 短時間集中型の降雨イベントにおいて、合成合理式による流出計算を行った結果を用いて下水道管路網計算を行った結果、地表面計算のみを行った場合に比べて実測を良く再現できることがわかった。これは流量が幹線と川に分かれるという堰の効果を良く再現できたといえる。
- (2) 流域ごとに雨を入れ替えた計算の結果より、降雨の空間分布は流出に影響しており、降雨の空間分布を捉えることは計画水位を決定する際などに重要であることがわかった。

今後は、日本全国の都市河川において流出解析を行えるように、CommonMP上に本解析モデルを実装する予定である。

参考文献

- 1) 気象庁:アメダスで見た短時間豪雨発生回数の長期変化について
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>
- 2) 東京都下水道局:合流式下水道の現状
http://www.gesui.metro.tokyo.jp/business/pdf/gouryu_ukaizen2_01.pdf
- 3) 渡邊暁人, 笹田拓也, 渡辺直樹, 山田正:合成合理式の理論的導出, 水工学論文集, Vol.56, pp.499-504, 2012