

矢作川水系・伊賀川流域を対象とした星の貯留関数モデルによる ハイドログラフ再現性に関する一考察

首都大学東京大学院
首都大学東京大学院
首都大学東京大学院
株式会社富士通研究所
東京都

都市環境科学研究科
都市環境科学研究科
都市環境科学研究科
デジタル共創プロジェクト
土木技術支援・人材育成センター

学生員 ○下地 誠
正会員 河村 明
正会員 天口 英雄
非会員 鈴木 貴志
正会員 高崎 忠勝

1. はじめに

近年頻発する異常気象により、短時間集中豪雨が増えている。愛知県岡崎市では2008年8月末に観測史上最大となる時間146.5mm(岡崎観測所)の猛烈な豪雨を記録した。この豪雨により、本研究で対象とする伊賀川流域においては2名が死亡するなどの被害が出ている¹⁾。これを受け県では本川において、河川改修および遊水地等の整備と流域対策を推進している。洪水対策として、このようなハード対策は勿論のこと、ソフト対策が重要であることは言うまでもない。ソフト対策の一つとして避難行動指示が挙げられるが、適切にこれを行うためには河川流出の正確な予測が必要不可欠となる。

そこで本研究では、伊賀川流域における最近の2013年～2015年の洪水イベントを対象に、星の貯留関数モデル²⁾を用いた流出解析を行いそのハイドログラフの再現性について検討するとともに、同解析でキャリブレーションされたパラメータを用いて、2016年洪水イベントの検証を行った。

2. 対象流域および対象洪水イベント

矢作川水系・伊賀川は図-1に示すように、岡崎市の中心付近にその源を発し西流しながら北側より市街地に流れ込み、矢作川支川の乙川に合流する幹川延長5.2km、流域面積14.2km²の県管理の中小河川である。本研究では、図-1の伊賀川水位観測所の上流域9.6km²を対象とする。

対象洪水イベントはキャリブレーション期間(2013年～2015年)、検証期間(2016年)ともに最大流量が13m³/sec以上の洪水とした。その結果、キャリブレーション用として8イベント、検証用として3イベントを抽出した。一つの洪水イベントの期間としてはその洪水イベントに対応する降雨開始から降雨終了6時間までとした。雨量データは図-1に示すように、対象流域外に存在する3箇所の雨量観測所(常盤南小学校、消防本部、中央総合公園)のデータから、ティーセン分割法により流域平均雨量を算出しそれを使用した。表-1および表-2にそれぞれキャリブレーション用および検証用の各洪水イベントの諸元(発生日、最大雨量、10分・60分最大雨量および降雨継続時間)を示す。なお、使用した水位・降雨データともに10分値とする。

3. パラメータ同定と洪水ハイドログラフの再現性

本研究で用いた洪水流出解析モデルは近年よく用いられる星の貯留関数モデル²⁾とした。本モデルは貯留量・流出量関係の二価性を表現した構造となっており、直接流出高により計算を行う。本モデルのモデルパラメータは5つ(k_1, k_2, p_1, p_2, f_c)であり、パラメータ同定手法としては、大域的探索法の一つであるSCE-UA法³⁾を用いた。各パラメータの探索範囲は k_1, k_2 に関しては1～100、 p_1, p_2, f_c に関しては0.1～1とした。また、計算流出ハイドログラフの再現性の評価は、観測および計算流量から算定される誤差評価関数である平方根平均二乗誤差(RMSE)を用いた。

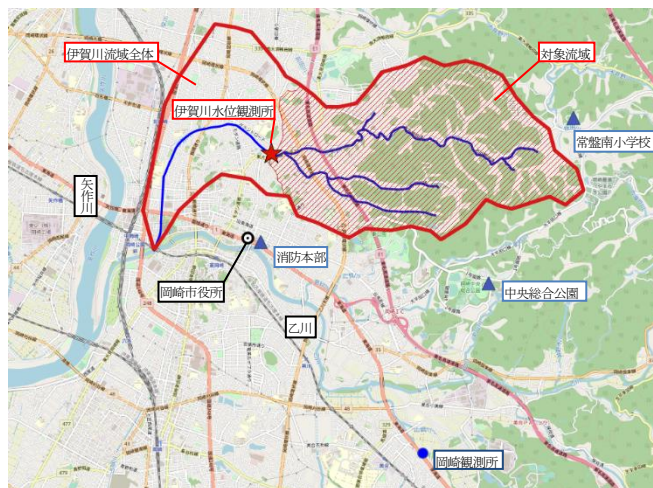


図-1 伊賀川流域図

表-1 キャリブレーション用洪水イベント

イベント No.	年月日	最大流量 (m ³ /s)	雨量(mm) 10分最大 60分最大	降雨継続時間 (min)
C-1	2015年 9月 10日	27.5	7.32 32.9	170
C-2	2013年 9月 7日 ~ 8日	22.8	10.3 42.9	390
C-3	2015年 9月 8日 ~ 9日	22.5	4.6 18.6	2,130
C-4	2013年 10月 15日 ~ 16日	15.1	2.7 14.3	1,110
C-5	2014年 5月 26日 ~ 27日	15.1	2.5 14.2	830
C-6	2014年 5月 21日	14.8	4.9 16.3	460
C-7	2013年 10月 20日 ~ 21日	14.6	4.0 15.5	1,240
C-8	2014年 9月 11日 ~ 12日	13.5	7.6 14.4	170

表-2 検証用洪水イベント

イベント No.	年月日	最大流量 (m ³ /s)	雨量(mm) 10分最大 60分最大	降雨継続時間 (min)
V-1	2016年 9月 19日	45.4	11.9 47.9	1,510
V-2	2016年 9月 7日 ~ 8日	17.7	6.2 17.3	960
V-3	2016年 3月 18日 ~ 19日	13.8	7 17.7	870

キーワード 矢作川水系・伊賀川流域、星の貯留関数モデル、洪水流出解析、ハイドログラフ再現性、RMSE

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 首都大学東京 E-mail: shimoji-makoto@ed.tmu.ac.jp

図-2 に、キャリブレーション用のイベント毎にパラメータを同定した場合の同定結果(下表)およびそれを用いたハイドログラフの RMSE を赤丸で示す。また、キャリブレーション全 8 イベントに対する最適同定パラメータ値およびその RMSE を「全イベント」欄に示す。なお、「平均」欄は C-1～C-8 におけるそれぞれのパラメータの平均値を示している。さらに参考のため、平均パラメータを用いた場合の各イベントの RMSE を青丸で、全イベントパラメータを用いた場合のそれを緑丸で示している。そして、図-3 a), b) にイベント C-1 および C-2 に対するハイドログラフを示す。これらより、各イベントパラメータによる RMSE は C-1 を除き 0.05 (mm/10min) を下回り、ハイドログラフは概ね精度よく再現されている。一方、平均パラメータでは C-3, C-5 および C-7 においてはその RMSE は小さいものの全体としてばらつきが大きくなっている。また、全イベントパラメータでは大きなばらつきは無いものの、各イベントパラメータの場合と比較して概ね 2 倍程度の RMSE の値となっていることが分かる。

4. 検証結果

3. で述べたキャリブレーション用に同定された平均および全イベントパラメータを用いて、2016 年の洪水イベントに対し検証を行った。図-2 のイベント V-1～V-3 の欄に再現ハイドログラフの RMSE を、また図-3 c) にはイベント V-1 に対するハイドログラフを示す。なお、イベント V-1 はキャリブレーション・検証を含め全 11 イベントの中で最大の流量を記録したものである。

図-2 より、全イベントパラメータはイベント V-2, V-3 に対しては RMSE の値も小さくまた平均パラメータよりも小さな RMSE となっている。一方、イベント V-1 に対しては図-3 c) より、全イベントパラメータは平均パラメータと比較して特にピーク流量を過小評価しており、そのため図-2 の RMSE もかなり大きくなっている。以上より検証用データに対しては、全イベントパラメータは RMSE のばらつきが平均パラメータのそれよりもかなり大きい結果となった。

5. むすび

本研究では、矢作川水系・伊賀川流域における洪水イベントを対象に星の貯留関数モデルを用いてハイドログラフの再現性の検討を行った。その結果、キャリブレーション用洪水イベントに対しては、各イベントの同定パラメータにより概ね精度良いハイドログラフの再現性が得られた。検証用洪水イベントに対しては、平均パラメータと全イベントパラメータのどちらがより適切かは一概には言えない結果となった。今後はさらに事例数を増やして検証を行うとともに、検証用洪水イベントのハイドログラフ再現性向上のため粒子フィルター法などを用い、パラメータを実時間更新する場合の再現性についても検討する予定である。

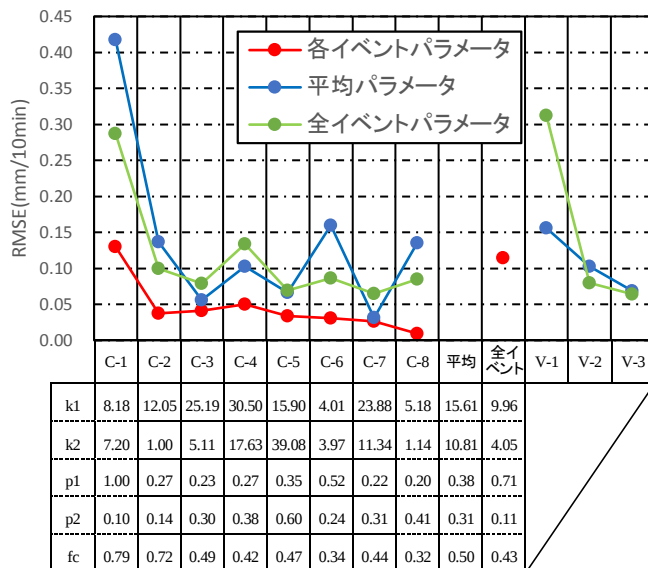


図-2 各イベントの RMSE と各パラメータ

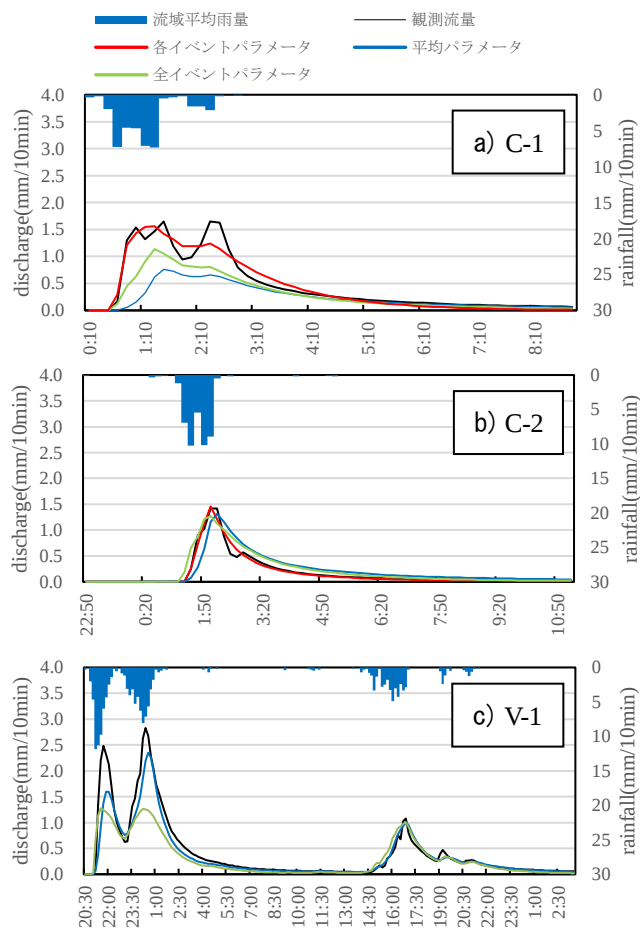


図-3 降雨イベント別のハイドログラフ

終りに貴重なデータを提供していただいた岡崎市役所に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 愛知県：平成 20 年 8 月豪雨，2017
- 2) 星 清・山岡 勲 (1982)：貯水法と貯留関数法の相互関係，第 26 回水理講演会論文集，pp.273-278
- 3) 田中丸治哉：タンクモデル定数の大域的探索，農業土木学会論文集，No.178pp.103-112 1995.