

複数ダム流域におけるリアルタイム洪水予測手法の開発に向けた 分布型流出モデルの構築

Development of a distributed runoff model for the real-time flood forecasting method in multiple dam basin

○菱田祥子*, 田畑俊範**, 原田昌佳**, 尾崎彰則***

Shoko Hishida, Toshinori Tabata, Masayoshi Harada and Akinori Ozaki

1. はじめに 気候変動により頻発化・激甚化する豪雨災害に対し、リアルタイム洪水予測を援用したソフト対策が行われている。洪水予測モデルの中で注目されている深層学習モデルは、計算効率が高くリアルタイム予測において精度が高いことが示されている。近年では、深層学習モデルにおける未経験規模の洪水予測の不確実性を解消するために、流出モデルを援用した教師データの補強を図る研究も進められている。しかし、これらの既往の研究では上流にダムがない地点を選定しており、ダムにより治水・利水管理される流域を対象としたモデル開発が求められている。本研究では、治水・利水ダムが複数存在する筑後川流域を対象としたリアルタイム洪水予測手法の開発を目指し、その第一歩として深層学習モデルの教師データの補強に向けた高精度な分布型流出モデルを構築することを目的とした。そして、洪水期間の複数地点の流量を計算し、モデルの妥当性を検証した。

2. 筑後川流域における分布型流出モデル

図 1 に示す筑後川水系の筑後大堰上流域を対象とした。流域内には 23 基のダムや堰が存在している。洪水調節の有無や有効貯水容量を基に、本研究で考慮するダムとして江川ダム、寺内ダム、大山ダム、松原ダム、下笠ダムの 5 基を選択した。深層学習モデルの教師データ補強を目指すためには、高精度で計算効率の高いモデル開発が必要である。一方で、対象流域の流域面積が広いことから、複数地点に対して局所的な豪雨に起因した河川の流量予測が必要となる。そこで本研究では、高田ら(2020)が開発した分布型流出モデルを基に対象流域における洪水予測モデルの開発を行った。モデルの概要を図 2 に示す。流域全体を 1 km メッシュで分割し、地下水タンクと土地利用別タンクモデルを設

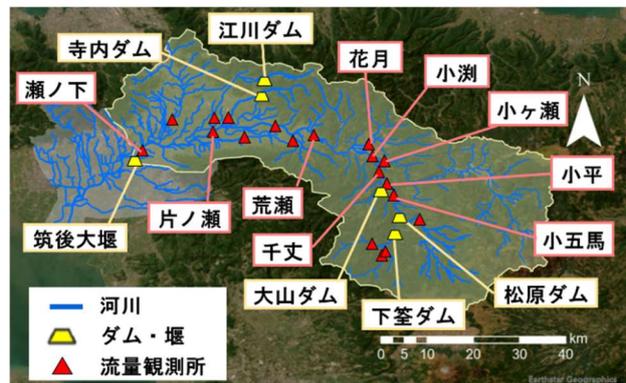


図 1 流域の概要図

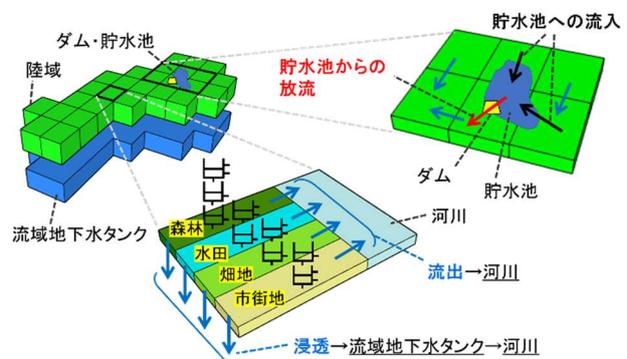


図 2 モデルの概要図

*九州大学大学院生物資源環境科学府 / Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University **九州大学大学院農学研究院 / Faculty of Agriculture, Kyushu University ***九州大学熱帯農学研究センター / Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University

キーワード：洪水流出，分布型流出モデル，タンクモデル，豪雨災害，筑後川

定した。メッシュ間の河川流量の追跡には、Kinematic Wave 法に基づき、マンニングの運動方程式と連続式により計算した。さらに、流域内の 5 基のダム・貯水地を図 2 に示すように配置し、貯水池への流入量を算出した。貯水池からの放流量は流入量と貯水位から求め、ダムが位置するメッシュへ流出させた。平常時の放流量は貯水位が目標水位に近づくよう流入量を 10%増減させた量とし、洪水警戒体制時では各洪水調節方式（一定率一定量，一定量，自然調節）に従い決定した。計算期間は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨を含む 2017 年 6 月 19 日 0 時～7 月 16 日 0 時の 27 日間とした。

3. 解析結果 流量観測所 18 地点で河川流量の計算値と実測値を比較した結果、Nash-Sutcliffe 係数（以下、NS 係数）は 8 地点で 0.5 以上、6 地点で負となった。表 1 に集水面積 500 km²以上の観測所 8 地点と各ダム放流量の NS 係数を、図 3 に再現結果の一例を示す。筑後川本川にある瀬ノ下や荒瀬、松原ダム下流にある小平や千丈で洪水の流量変化を高精度で再現した。また、豪雨で被害を受けた花月では NS 係数が 0.83 となり高い精度が得られた。一方、6 地点で NS 係数が負を示した理由に、地形勾配の急変に起因した計算不安定性や、モデルに考慮していないダムの存在などが挙げられる。治水ダムである寺内ダムと下笠ダムの再現精度は十分に高い一方で、利水ダムである江川ダムの再現性が低かった。江川ダムでは洪水時放流量が十分に再現できなかったため、NS 係数の低下に至った。それ以外のダム放流量の再現性は、洪水警戒体制時では概ね良好であったが、平常時では過大評価した。平常時は流入量に基づき決定したため、6 月下旬に放流量を抑えて貯水した実際の操作を再現できなかった。平常時の放流量計算を改善することで、河川流量の再現性の更なる向上が期待される。

4. おわりに 本研究では、ダム操作を分布型流出モデルに組み込むことで、洪水予測に適したモデルを構築した。今後は、本研究で構築した分布型流出モデルを用いて深層学習モデルの学習データの補強を行い、リアルタイム洪水予測手法の開発を目指す。

謝辞 筑後川ダム統管理事務所および筑後川上流総合管理所にはデータを提供いただきました。記して謝意を表します。

参考文献 高田ら (2020) : 土地利用別タンクモデルを導入した分布型降雨流出モデルの開発と地域開発・気候変動による流出変化の定量的評価、農業農村工学会論文集, 88-1, pp.II_11-II_20

表 1 観測所 8 地点および各ダム放流量の NS 係数

| 地点名 | NS 係数 |
|------|--------|
| 瀬ノ下 | 0.71 |
| 片ノ瀬 | 0.42 |
| 荒瀬 | 0.63 |
| 小淵 | -10.54 |
| 小ヶ瀬 | 0.67 |
| 千丈 | 0.71 |
| 小平 | 0.57 |
| 小五馬 | 0.31 |
| 江川ダム | -1.72 |
| 寺内ダム | 0.66 |
| 松原ダム | 0.09 |
| 下笠ダム | 0.66 |

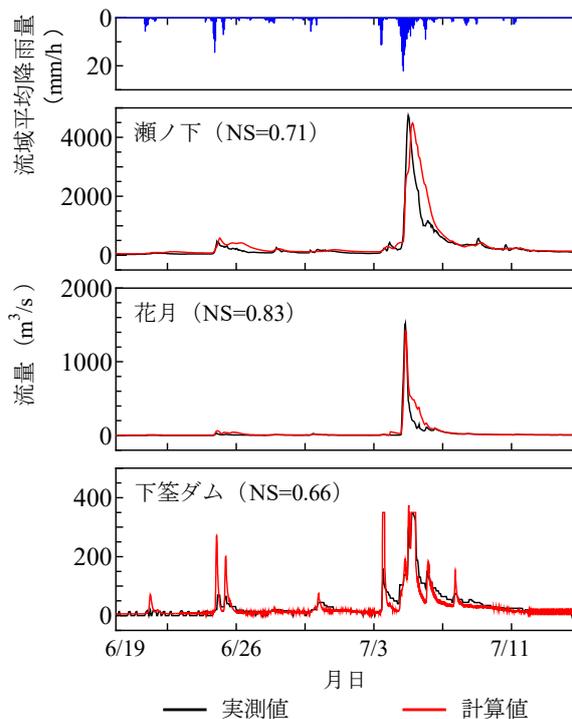


図 3 再現結果（一例）