

降雨の空間分布の違いが洪水ピーク流量及び流出モデルパラメータに与える影響 Impacts of Spatial Distribution of Rainfall Intensity on Flood Peak Discharge and Parameters of Rainfall-Runoff Models

○刈谷成希*・工藤亮治**・近森秀高**

KARIYA Shigeki*, KUDO Ryoji**, CHIKAMORI Hidetaka**

1. はじめに 近年、各地で洪水被害が発生する中で、ソフト面での対策として精度が良くロバストな実時間洪水予測システムの構築が不可欠であり、そのためには予測精度に影響を及ぼす要因について検討する必要がある。また、XRAINなどのレーダー雨量の全国的な整備や計算機の能力向上により、ダム流域でも従来の集中型モデルを分布適用することが考えられる。本研究では、予測精度に影響する要因として流出モデルのパラメータ設定に着目し、降雨の空間分布が集中型モデルと集中型モデルを分布適用した分布型モデルのパラメータに与える影響について検討した。

2. 対象流域・解析資料 岡山三大河川の一つである吉井川水系の苦田ダム流域(217.4 km²)において、2006年から2018年に観測されたピーク比流量 1 m³/s/km²以上の出水から、局地的な降雨が発生していた3出水を解析対象出水とした。解析資料は時間単位のダム流入量、レーダーアメダス解析雨量(空間解像度 1 km. 以下、レーダー雨量)および国土数値情報から入手した標高データ(およそ 1 km×1 km)である。

3. 流出モデル 流出モデルには長短期流出両用モデル(LSTモデル)の第1段タンクを用い、従来通り適用したものを集中適用、図1に示すようにLSTモデルを各グリッドに展開したものを分布適用とした。なお、分布適用では斜面や河道グリッドの区別は一切しておらず、パラメータは流域内で一様とした。

4. 研究の概要と手順 解析手順を図2に示す。本研究では、降雨の空間分布に着目するため、総降雨量や降雨時系列、流域平均降雨量は変化せず、降雨強度の空間分布のみが異なる降雨イベントが複数ケース必要である。そこで、各対象出水のレーダー雨量を用いて、時間ステップの流域平均降雨量は変化させず、降雨強度の空間分布のみが異なる降雨イベントを模擬的に作成した。模擬降雨イベントの作成方法には立川ら(2003)の手法を用いた(式(1))。

$$R'_j = R_j^n \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{\sum_{i=1}^m R_i^n} \quad (1)$$

ここに、 R'_j : グリッドjの模擬降雨強度(mm/h), R_j, R_i : グリッドjお

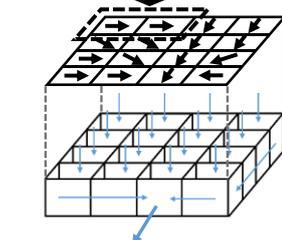
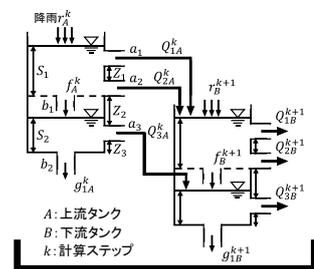


図1 長短期流出両用モデルの分布適用
Schematic diagram of distributed LST model

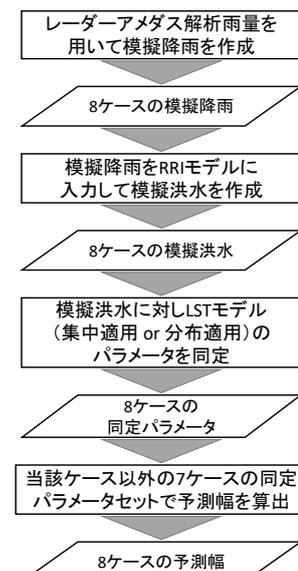


図2 解析手順
Analysis procedure

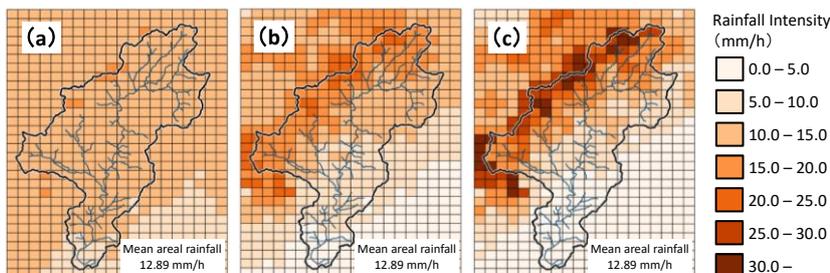


図3 模擬降雨における降雨強度の空間分布の例(流域平均降雨量最大時)(出水2)
(a) 一様な降雨としたケース, (b) 元データ, (c) 空間的集中度を高めたケース
Example of spatial distribution of synthetic rainfall at the peak time of areal rainfall (Flood No.2)
(a) spatially uniformized radar rainfall, (b) original radar rainfall, (c) spatially concentrated radar rainfall)

*日本工営株式会社 Nippon Koei Co., Ltd.

**岡山大学大学院環境生命科学研究科 Grad. Sch. Env. & Life Sci., Okayama Univ.

キーワード: パラメータの不確実性, 降雨の空間分布, 模擬降雨, 予測のロバスト性

よび i のレーダー雨量の降雨強度 (mm/h), m : 総グリッド数である. 式 (1) 中の n の値の大小によって降雨の空間的集中度を変化させることができ, 本研究では $n = 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0$ の 8 ケースとした ($n = 1.0$ は実測のレーダー雨量値に等しい). 作成した模擬降雨イベントの例を図 3 に示す.

次に, 一連の模擬降雨を分布型流出モデルの 1 つである降雨流出氾濫モデル (RRI モデル) に入力することで, 降雨の空間分布を反映した模擬洪水イベントを作成し, 各ケースの模擬洪水に対して LST モデルの集中適用および分布適用のパラメータを同定した. パラメータの同定は, 平方平均二乗誤差 (RMSE) を目的関数とし, 差分進化法 (DE) を用いて行った. 最後に, 同定したパラメータセット全ケースのうち, 当該ケース以外の同定パラメータセットを用いて流量の予測幅を算出し, 同定したパラメータおよび予測幅について比較することで, 降雨の空間的集中度の違いが LST モデルの集中適用および分布適用のパラメータに与える影響を吟味した.

5. 結果・考察 模擬洪水で同定したパラメータのうち流出孔パラメータ a_1, a_2, a_3 について, 出水 2 を例に図 4 に示す. 集中適用 (図 4 (a)) では降雨の空間的集中度が高いケース ($n = 1.0$ 以上) と低いケース ($n = 0.75$ 以下) で二極化する傾向を示し, 分布適用 (図 4 (b)) では緩やかな変化を示した. 両モデルともに a_1, a_2 は降雨の空間的集中度が高いケースで増加する特徴がみられたが, 分布適用の方が比較的パラメータの変化は小さい結果となった. なお, 同定パラメータによる模擬洪水の再現性にモデル間での差はみられなかった. 集中適用について, 同定パラメータで模擬洪水を再現した際の流出成分を図 5 に示す. 降雨の集中度が高いケースで Q_1 が増加するという傾向がみられた. 降雨の集中度が高いケースではピーク流量に対して流域平均化した降雨強度が不足してしまう. これに対応するために Q_1 を増加させるようなパラメータセットが選択された結果, 集中適用ではケース間でパラメータが大きく変化したと考えられる. また, ケース $n = 2.0$ の予測幅について, 出水 2 を例にみると (図 6), 分布適用の予測幅の方が小さく, このことは他ケースでも同様であった. 予測幅が小さいことはケース間でのパラメータセットの性質が類似的であることを意味する. 以上より, 集中適用は降雨の空間分布の違いにより同定されるパラメータセットの性質が異なるのに対し, 分布適用ではパラメータセットを大きく変化させずとも降雨の空間分布の違いに対応できることが示された.

6. まとめ 降雨の空間分布の違いが LST モデルの集中適用および分布適用のパラメータに与える影響について検討し, 集中適用のパラメータは降雨の空間的集中度の違いに影響を受けやすいのに対し, 分布適用は影響を受けにくいことを示した. このことから, 降雨の空間分布の変化に対して分布適用の方が比較的安定した精度を得られると考える.

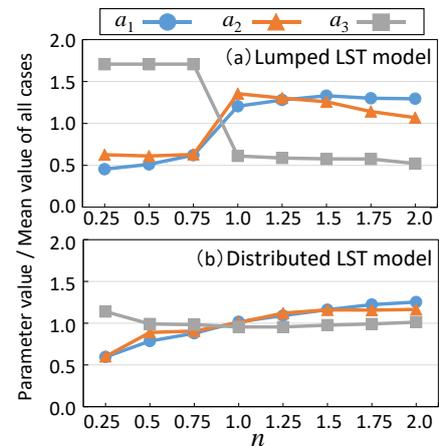


図 4 パラメータ変化の比較 (出水 2)
Changes in optimum parameters for each synthetic flood event (Flood No.2)

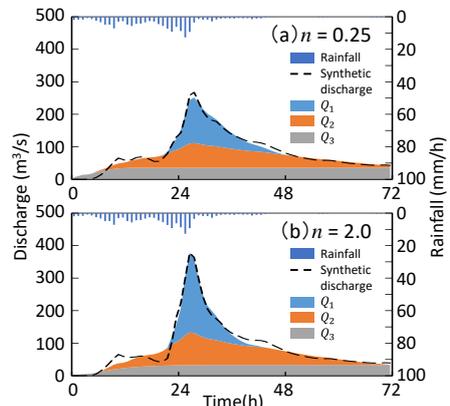


図 5 降雨の集中度の違いによる集中適用の流出成分の変化 (出水 2)
Changes in runoff components for each synthetic flood event (Flood No.2)

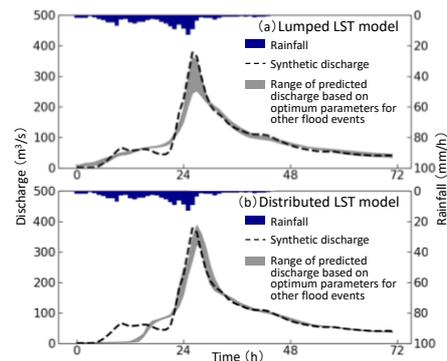


図 6 $n = 2.0$ のケースにおける流量の予測幅の比較 (出水 2)
Range of predicted discharges based on optimum parameters for other flood events (Flood No.2)