

II-15 大陸規模河川の分布型流出モデルにおける汎用化に関する研究

東北大学大学院 学生会員 ○木村 公生
 株式会社パスコ 加藤 宏康
 東北大学大学院 正会員 真野 明

1. はじめに

近年、気象・地形・土壌に関する全球データセットの整備が進められている。この中で気象データは主に世界の水資源問題や長期の気候変動の研究などに利用されており、河川流量に関しては月平均値といった時間スケールが対象となる。しかしながら ISLSCP (International Satellite Land Surface Climatology Project) の降水量データの時間分解能は、6 時間と微細である。これらの全球データセットを用いた、大陸規模河川の数日単位の洪水ピークを再現するモデルが、加藤らによって構築されている。

これまでにもさまざまな流出モデルが大陸規模河川にも適用されてきた。しかし TOPMODEL では土壌深と透水係数をまとめて 1 つの概念としており、その他のモデルでは多数の経験的なパラメータを用いて流出を表現している。それらの値は計算値が観測値に最も近づくよう同定されており、期間ごとと流域ごとに値を決めなければならない。既往の研究でのモデルは同定するパラメータが 1 つしかないにも関わらず、Reynolds Global Soil Data を用いて現実の値に近い透水係数を用いている。そのため、長期にわたって長江上流域の洪水ピーク流量を再現できていたが、次元をもったパラメータが用いられていた。

そこで本研究では、流出の過程を物理的に再現する汎用的な分布型流出モデルの構築を目的とする。

2. 流出モデルの構成

地下の流出現象を表現するために、fig-1 に示す 2 層のタンクを設置した。

まず降水量から蒸発散量を差引いた値として定義された有効降水量 q_{re} は、式(1)で表される土壌の飽和度に従って $\lambda_1:1-\lambda_1$ の割合で時間遅れなしに河川に流れ込む表面流と上層タンクへの浸透流に振り分けられる。上層からの

流出水は $\lambda_2:1-\lambda_2$ の割合で中間流と下層タンクへの浸透流に振り分けられる。各タンクからの流出量 q_n はダルシー則に従い式(2)のように表される。但しダルシー則では表現できない現象を考慮するために全流域上下タンクで共通の係数 c を掛け合わせた。各タンク内の水収支は式(3),(4)で表され、単位面積からの総流出強度は式(5)のように各流出成分の和で表される。

$$\lambda_n = h_n / h_{max,n} \quad (1)$$

$$q_n = c \cdot k_n \bar{I} \cdot h_n / h_{max,n} \quad (2)$$

$$\phi_{e,1} \frac{dh_1}{dt} = (1-\lambda_1)q_{re} - q_1 \quad (3)$$

$$\phi_{e,2} \frac{dh_2}{dt} = (1-\lambda_2)q_1 - q_2 \quad (4)$$

$$q_{run} = \lambda_1 q_{re} + \lambda_2 q_1 + q_2 \quad (5)$$

ここで、 h_n はタンク内の水深、 $h_{max,n}$ はタンクの深さすなわち土壌深、 k_n は透水係数、 $\bar{I}$ は副流域内メッシュの平均動水勾配、 $\phi_{e,n}$ は有効間隙率、 n は 1→上層、2→下層を表す。地下水面が地表面と平行であると仮定して動水勾配には地表勾配を代用した。

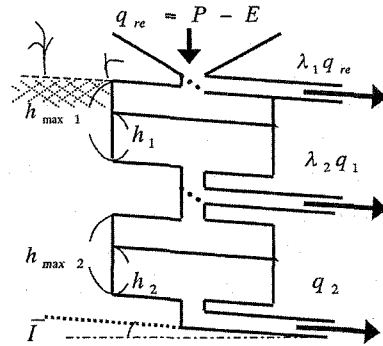


fig-1 地下水タンクモデル

3. タンクパラメータの無次元化について

既往のモデルでは式(2)に用いられていたパラメータ c は $1/m$ の次元をもったパラメータであったが、本モデルではこの式を土壌深で割って用いている。第1の目的はパラメータを無次元化することである。第2の目的は流出強度にタンクの飽和度を関連させることである。既往のモデルではタンクからの流出強度はタンク内の飽和状態に関係なく、透水係数と副流域メッシュ内の平均動水勾配のみで決定されていた。そこで各タンクからの流出強度を表す式を土壌深で割り、流出にタンク内の飽和状態を関連させることで、実際の流出現象に近づけることができる。

4. 長江上流域での結果の比較

長江上流域の3つの観測地点での既往のモデルと本モデルとのナッシュ効率の比較を fig-2 に示す。2つの観測地点で計算精度の向上が見られた。また、パラメータ c の値による NASH 効率の変化を fig-3 に示す。この図からもわかるようにパラメータのキャリブレーション用の意味は大きくなく、モデルの構造だけでも流出をある程度再現できている。

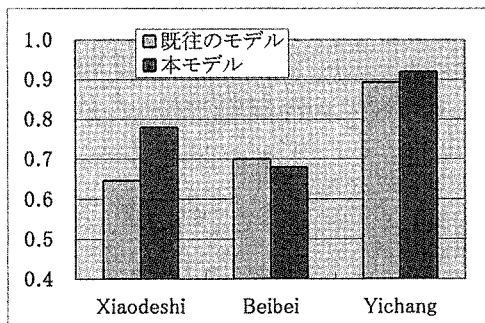


fig-2 ナッシュ効率の比較

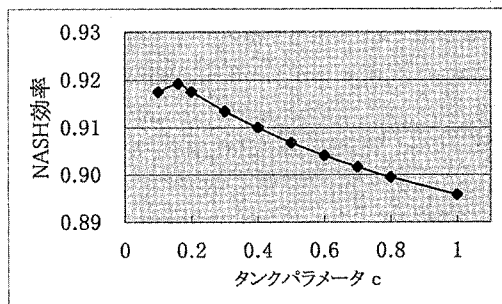


fig-3 パラメータによるナッシュ効率の変化

5. 現在の取り組み

長江上流域では洪水ピーク流量を再現できていた。他の流域でも同様の結果が得られる汎用的なモデル構築のため、2002年ヨーロッパ水害時のエルベ川に本モデルを適用させている途中である。長江上流域と比較すると、ピーク流量に至るまでの期間も短く、地形的な特徴も違うため比較対照としては最適な流域であると思われる。流域の図を fig-4 に示す。

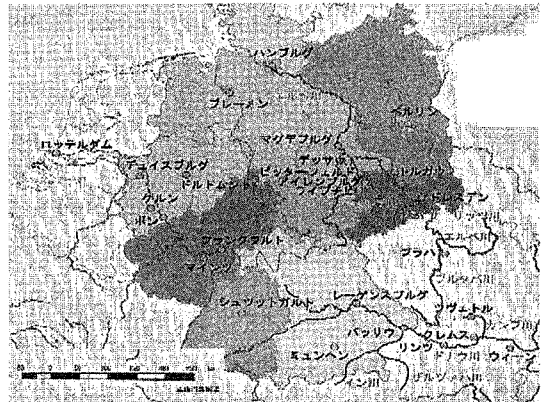


fig-4

6. 参考文献

- 1) 加藤宏康, 真野明, ダルシー則を用いた分布型タンク流出モデルの提案 - 長江上流域への適応 - 東北大学大学院修士論文, 2004,
- 2) Reynolds, C. A., T. J. Jackson, and W. J. Rawls, Estimating soil water-holding capacities by linking the Food and Agriculture Organization soil map of the world with global pedon databases and continuous pedotransfer functions, WATER RESOURCES RESEARCH, vol.36, no.12, pp.3653-3662, 2000.
- 3) Jabro, J. D., Estimation of saturated hydraulic conductivity of soils from particle size distribution and bulk density data, ASAE, pp. 557-560, 1992.
- 4) Rawls, W. J., and D. L. Brakensiek, Prediction of Soil Water Properties for Hydrologic Modeling, Watershed Management in the Eighties, ASCE, pp. 293-299, 1985.