

第II部門

加古川の流出解析におけるアジョイントデータ同化適用の試み

大阪大学工学部 学生会員 ○中尾明浩
大阪大学大学院工学研究科 正会員 入江政安

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 戸井博彬

1. はじめに

日本各地で局所的な大雨の発生件数が増加しており、洪水による被害も多発している。これらの被害増加の一因として、気候変動により降水特性が変化していることが指摘されている。洪水の被害を防除するためには、降雨量などの観測データから河川の流量を精度良く予測し、情報を伝達する必要があり、流出解析の精度向上が重要である。本研究では流出解析に石塚¹⁾が構築した分布型流出モデルを用い、データ同化手法であるアジョイント法により分布型流出モデルのパラメータ推定を行い、高精度化する手法を用いている。ただし、この手法を用いた研究は小田ら²⁾により行われているが、中規模の揖保川流域でしか適用されていない。そこで、本研究では、大規模な流域を持つ加古川流域において、分布型流出モデルへのアジョイントデータ同化を適用し、パラメータ推定と流出量の再現性向上が可能性を検討する。

2. 分布型流出モデルの概要

図-1 に本研究で用いる分布型流出モデルの概念図を示す。本モデルでは森林遮断蒸発サブモデル、浸透・蒸散サブモデル、斜面河道流出サブモデルの三つのサブモデルにより降雨から流出過程を解く。

森林遮断蒸発サブモデルでは、樹木上に到達した降雨が樹冠部（タンクⅠ）と樹冠部（タンクⅡ）に貯留し、あふれ出たものが地表到達降雨になる。タンクに水が残っている間は遮断蒸発強度 e で蒸発する。浸透・蒸散サブモデルでは、土壌内を上層タンク（タンクⅢ）と下層タンク（タンクⅣ）に分けて表され、地表到達降雨から、斜面表面に直接流出する有効降雨を差し引いたものがタンクⅢ・Ⅳに貯留し、一部は樹木に吸い上げられ蒸散される。斜面河道流出サブモデルでは、Kinematic Wave 法を用い、斜面と河道の水の流れを水理

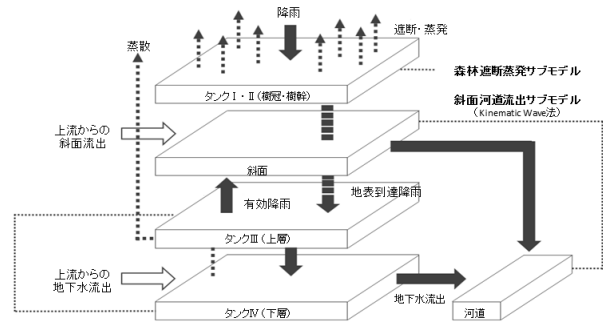


図-1 分布型流出モデルの概念図

学的に解く。

3. アジョイント法の概要

アジョイント法は非逐次型のデータ同化法であり、同化ウィンドウ中の全観測値と整合するような状態を再現する1つのパラメータセットを推定可能であるという特徴がある。アジョイント法では、元のモデルの各方程式を接線近似した接線形モデル及び時間後方に積分したアジョイントモデルが必要となる。その結果から下記の式で表される評価関数 J の値を更新し、パラメータの修正を繰り返し、設定した収束条件を満たすまで繰り返し計算を行い、最適なパラメータを推定する。

$$J = \frac{1}{2} \frac{(\delta p)^2}{\sigma_p^2} + \frac{1}{2} \frac{(HM(\delta p) - d)^2}{\sigma_o^2}$$

ここで、 σ_p はパラメータの背景誤差標準偏差、 δp はパラメータの修正ベクトル、 σ_o は観測誤差標準偏差、 H は観測演算子、 d はデータミスフィット、 M は接線形モデルを表す。

4. 計算条件

分布型流出モデルの入力情報には、アメダスの月平均気温データと解析雨量の毎時データを用いる。また、

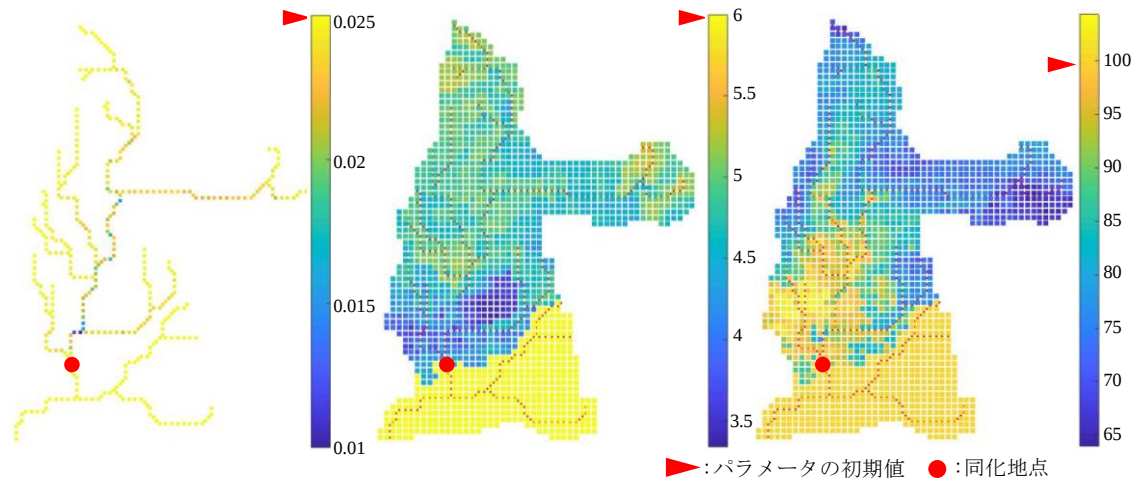


図-2 推定された各パラメータ値の空間分布

(左：河道の粗度係数，中：上層タンクの貯留定数，右：下層タンクの貯留定数)

流域面積 1730km² の加古川流域を 1km 四方の斜面グリッドで表し，河道を斜面グリッドの境界を流れるように表現した．斜面グリッドは国土数値情報の土地利用データを用いて森林，水田，市街地の 3 種類に分類した．計算期間は，2016 年 9 月 18 日 3 時から 9 月 21 日 14 時までとし，助走計算は同年の 7 月 1 日から行った．同化対象は図-2 に赤丸で示す大島で得られた観測流量とする．同化により推定するパラメータは河道の粗度係数，土壌内の上層および下層タンクの貯留定数の 3 パラメータとし，本検討ではそれぞれ別個に推定した．

5. 計算結果

図-2 に推定された各パラメータ値の空間分布を示す．河道の粗度係数と上層タンクの貯留定数は，同化地点付近で，下層タンクの貯留定数は，同化地点から離れた地点で小さい値に修正された．図-3 に推定されたパラメータ値を用いた再現計算の結果を示す．河道の粗度係数の修正値を用いた場合，流量はほとんど変わらなかったが，ピークのタイミングが観測値に近づくことで再現性が向上した．上層・下層タンクの貯留定数の修正値を用いた場合，観測値のピーク流量に近づくように修正され，100～150 m³/s ほど増加した．しかし，元の計算値と観測値の誤差が大きく，パラメータの修正のみでは十分な再現性が得られていないことが分かる．

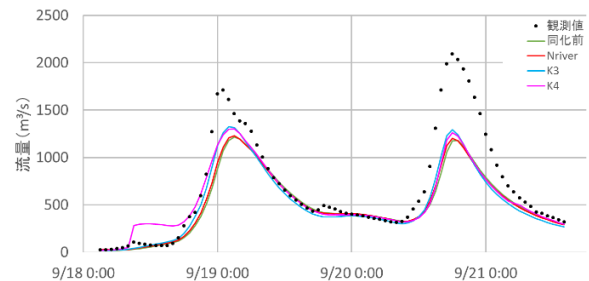


図-3 推定されたパラメータ値を用いた再現計算

6. まとめ

加古川においてアジョイント法を用いて分布型流出モデルのパラメータ推定を行った．全ての推定パラメータにおいて計算値は観測値に近づくように修正されたものの元の計算値と観測値の差は大きく改善されてはいない．同化の効果を検証するには，さらに同化前の計算の精度を上げる必要があり，今後の検討課題である．

- 参考文献** 1) 石塚正秀，吉田秀典，宮崎孟紀：レーダー・アメダス解析雨量を用いた中規模河川流域の流出解析と降雨特性分類に基づく検証，土木学会論文集 B, Vol.66, No.1, pp.35-46, 2010
- 2) 小田航平，入江政安，戸井博彬，石塚正秀，田中耕司：アジョイント法を用いた分布型流出モデルのパラメータ推定，土木学会論文集 B1, Vol.74, No.5, I_145-I_150, 2018