

流出モデルの性能評価に関する一考察

防衛大学校 学生会員 白戸 伸亮
 防衛大学校 正会員 多田 毅

1. はじめに

流出量の予測は、常に水文学における重要な課題の一つであり、これまでに数多くの流出モデルが開発されてきた。その種類の多さは、流出現象の複雑さ、時空間スケールの多様性、初期条件・境界条件決定の困難さ(データ収集の限界)などを反映しており、ある特定の万能モデルが存在し得ないことを示唆している。したがって、使用目的に応じて適切なモデルを選択することが不可欠であり、そのためにモデルの性能を多角的に評価することが重要である。

近年、対象スケールへの拡大や長期的な将来予測などへの応用が進み、流出モデルの不確定性の定量的な評価が重要視されている。そこで本研究では、観測された水文データが少ない(または未観測の)流域での流出予測への応用を想定し、水文データの観測期間とモデルの予測精度の関係、またパラメータの不確定性との関係を評価することを試みた。

2. 解析の概要

本研究では、同一の流域に3種の集中型概念モデルを適用し、モデルの同定に用いるデータの観測期間の長短が各モデルの再現精度およびパラメータのばらつきに与える影響を検討する。対象流域は鹿児島県鶴田ダム流域(流域面積 805km²)である。観測データとして1990年から1992年の3年間の流域平均日雨量と同ダムの日流入量を使用した。流出モデルとして、貯留関数法、2段タンクモデル、AWBM(Australian Water Balance Model)の3種を用いた。AWBMは比較的広い流域を対象としたモデルで、地表面の飽和遮断・蒸発を概念化した3つのタンクがあり、溢れた流出は表面流タンクと基底流タンクに貯留される。両タンクは並列に働き、分流の割合はパラメータで決められる(図-1)。

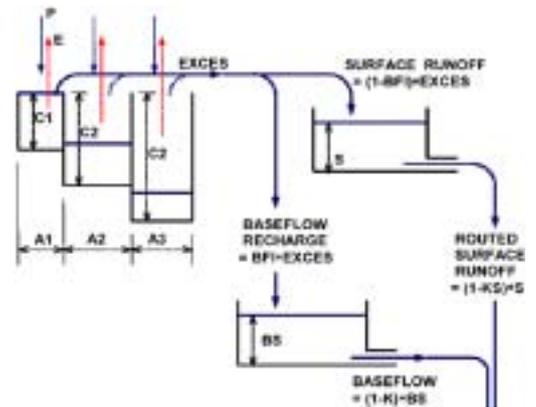


図-1 AWBMモデルの概要

3. 解析方法

まず、同定期間と予測精度の関係および精度の安定性について解析した。はじめに、パラメータの同定に用いるデータの日数を定める。次に、同定期間の開始日をランダムに決定し、そのデータを用いパラメータの同定を行い、得られたパラメータを用いて3年間の流出計算を行う。同定期間は30, 90, 180, 210, 365日とし、それぞれ100回の同定作業を行った。精度の評価にはNash Sutcliffe効率を用いた。計算例を図-2に示す。

次に、各モデルの代表的なパラメータのばらつきの変化を評価した。異なるモデル同士を比較するために、各パラメータを3年間のデータで同定した値で正規化し、その標準偏差を算定した。さらに、各モデルの代表的なパラメータの標準偏差の平均値を算定した。

4. 結果

同定期間と再現精度(Nash 効率)の関係を表-1に示す。いずれのモデルも、同定期間が長くなるにしたがい精度が向上し、精度のばらつきが小さくなることがわかる(図-3)。また、短期間のデータではタンクモデルが最も有利であるが、210日を越えるといずれのモデルも安定し、ほとんど差がなくなることもわかる。

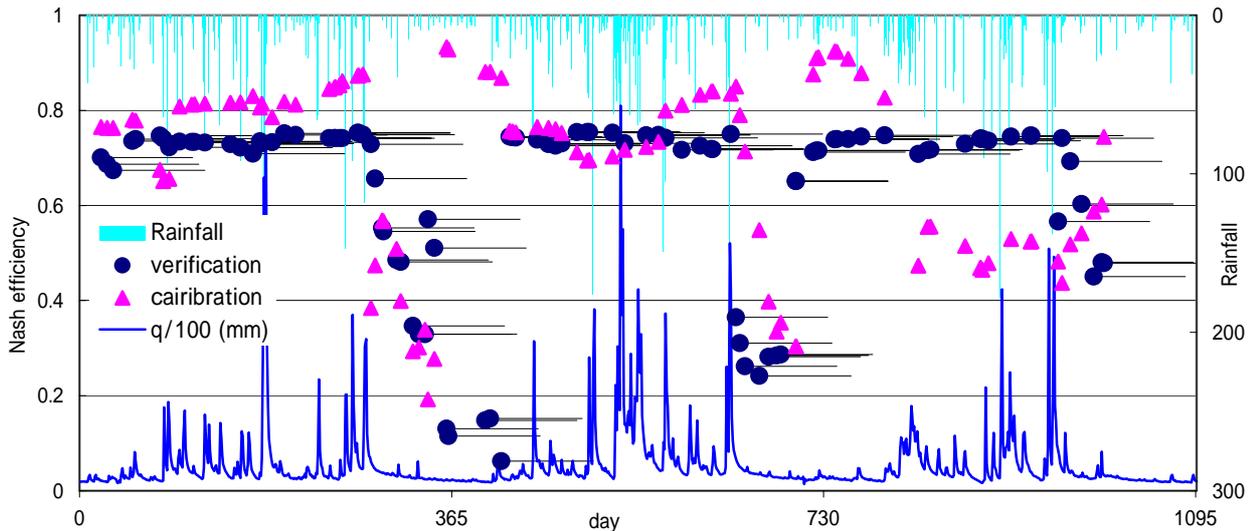


図-2 計算例 (貯留関数法, 同定期間90日, 丸および三角マークは同定期間の始点)

表 - 1 同定期間と Nash 効率の関係

	同定期間(日)	30	90	180	210	365
貯留関数法	平均/標準偏差	0.561 / 0.204	0.634 / 0.183	0.706 / 0.140	0.745 / 0.009	0.751 / 0.005
AWBM モデル	平均/標準偏差	0.588 / 0.198	0.688 / 0.231	0.740 / 0.029	0.751 / 0.018	0.764 / 0.011
2 段タンクモデル	平均/標準偏差	0.620 / 0.132	0.701 / 0.055	0.722 / 0.022	0.729 / 0.018	0.744 / 0.009

表 - 2 同定期間とパラメータのばらつき(自由パラメータ以外は固定値)

	自由パラメータ数	パラメータ名	30日	90日	180日	365日
貯留関数法	2	k p	1.1694	1.0006	0.9717	0.4043
AWBM モデル	3	K KB BFI	0.2021	0.1322	0.0984	0.0400
2 段タンクモデル	5	a11 a12 b1 z11 a2	6.3473	6.7232	0.9034	0.3362

また、例えば図 - 2 の冬季にみられるように、同定期間中のデータに十分な情報量が無い場合にはオーバーフィッティングのために同定時の再現精度が高くなり、予測精度が逆に悪化することもある。このように、同定時の再現精度のみで性能評価を行うべきでないことが改めて確認できる。

パラメータの不確定性を表 - 2 で見ると、タンクモデルのばらつきが極めて大きいことが目立つ。しかし、予測精度は30日でも高いことから、高い精度を示すパラメータの組合せが多数存在し (equifinality)、パラメータの値を一意に決定することが困難であることがわかる。AWBM は、パラメータの一意性が高く、再現精度も良好であることから、他の2モデルよりも観測データの少ない流域への適用に向いていると言える。

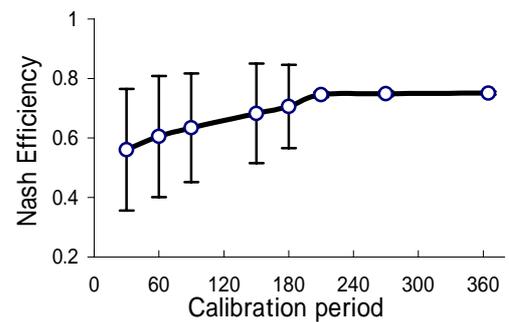


図 - 3 同定期間と精度の関係 (貯留関数法)

5. おわりに

今回は、タンク段数を少なくする、感度の鈍いパラメータを固定するなどにより、各モデルの自由度を大幅に制限して行ったが、今後はより複雑なモデルや分布型モデルについても検討する予定である。