

多目的計画法によるタンクモデルの評価について

Performance Evaluation of Tank Model Using Multi-Objective Optimization Approach

藤原 洋一* 田中丸 治哉** 畑 武志*** 多田 明夫***

Yoichi Fujihara*, Haruya Tanakamaru**, Takeshi Hata*** and Akio Tada***

1. はじめに 流出モデル定数の同定に，河川流量の高水部と低水部の適合性といった複数の目的を同時に考慮することのできる多目的計画法を利用することが検討されている^{1,2)}．しかしながら，多くの研究では，流出モデル定数のパレート最適解を効率的に求める手法を提示するにとどまっておき，多目的計画法を流出モデル定数の同定に適用した結果が実用上どのように役に立つのか，などといった点について十分な議論がなされていない．そこで，本研究では，タンクモデル定数の多目的最適化の結果から得られる情報を活用することによって，再現性の評価やモデル構造の比較を行うことを試みた．

2. 適用方法 菅原の直列4段タンクモデルの16定数(初期水深4個を含む)の多目的最適化を検討する．対象流域は近畿地方に位置する永源寺，大迫，青蓮寺ダム流域とした．解析資料には日流出高，流域平均日降水量，月平均日蒸発散量を用い，モデル定数の同定期間は4年間とした．誤差評価関数として，高水部の誤差を重視する $RMSE$ (Root Mean Square Error) と低水部重視の RR (Root Mean Square of Relative Error) を採用し，両式を目的関数とした多目的最適化問題に対するパレート最適解を求める．

$$RMSE = \frac{1}{Q_m} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Q_{ct} - Q_{ot})^2} \quad RR = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{(Q_{ct} - Q_{ot})^2}{Q_{ot}^2}}$$

なお，総流出高の相対誤差を2%以内に収める制約条件を考慮したものを目的関数としている．パレート最適解を求める多目的最適化手法には，進化戦略(ES)にパレートランキングを組み合わせた方法²⁾を採用した．さらに，永源寺ダム流域を対象として，4段タンクモデルに加えて，3段タンクモデルの12定数(初期水深3個を含む)，2段タンクモデルの8定数(初期水深2個を含む)の多目的最適化についても検討する．

3. 適用結果 各流域において，多目的最適化で求められた $RMSE$ と RR の関係を Fig.1 に示す．大迫ダム流域では， RR を0.23程度よりも小さくしようとすれば， RR を僅かに改善するために $RMSE$ を大きく悪化させなければならない．一方，青蓮寺ダム流域では， $RMSE$ を0.84程度よりも小さくしようとすれば， $RMSE$ を僅かに改善するために RR を大きく悪化させなければならない．この様な際に，全体の適合性を考慮した一つのモデル定数を得ようと思えば， $RMSE$ (RR) の値を大きく犠牲にせずに RR ($RMSE$) の値を改善することのできる限界付近のモデル定数が，最も合理的な解として選択することができる．

* (独) 科学技術振興機構

Japan Science and Technology Agency

** 神戸大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Science and Technology, Kobe University

*** 神戸大学農学部

Faculty of Agriculture, Kobe University

キーワード：タンクモデル 多目的計画法 パレート最適解

各モデルに対して多目的最適化で求められた $RMSE$ と RR の関係を Fig.2 に示す . 3 段 , 4 段モデルでは , 全体の適合性を考慮したモデル定数を選択する際には , $RMSE$ と RR のいずれもそれぞれの最小値とそれほど遜色ない値を持っているパレート最適解集合の中央付近に位置する解を選択することができる . しかしながら , 2 段モデルでは , パレート最適解は直線状で , $RMSE$ と RR のいずれもそれぞれの最小値と遜色ない値を持つような解は見いだせず , 高水部と低水部の再現性のある程度両立させたモデルは構築できない .

2 段モデルに対して得られたパレート最適解によるハイドログラフの再現結果を Fig.3 に示す . これを見ると , 1~3 月については , 計算ハイドログラフの幅の中に観測ハイドログラフが収まっておらず , 計算ハイドログラフは常時過小となっている . このことから , 2 段モデルでは , この流域における流出現象を表現できない部分があることが分かる .

以上の結果から , 多目的最適化の結果に基づいて , 目的間の協調を図ったモデル定数の選択が合理的に行えること , さらに , モデル構造の不備やモデルの限界を明らかにすることができ , 流出モデルの再現性の評価や構造比較が有効に行えることが示された .

引用文献 1) Gupta *et al.* : *Water Resour. Res.*, Vol. 34, No. 4, 751-763, 1998. 2) 藤原ら : 農業土木学会論文集, No. 230, 2004 .

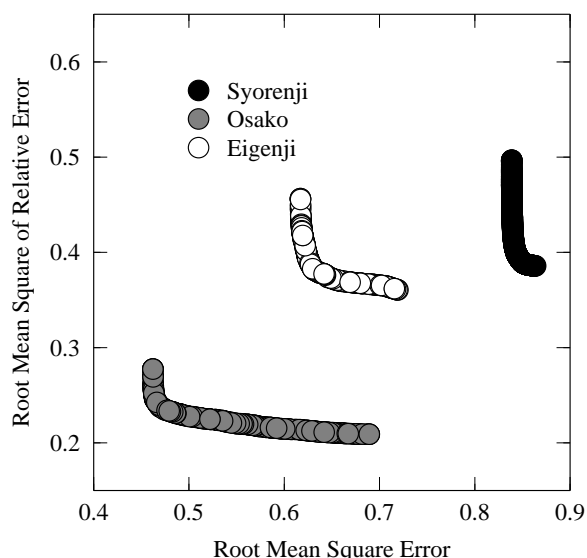


Fig.1 Pareto-optimal solutions: Eigenji, Osako, Syorenji

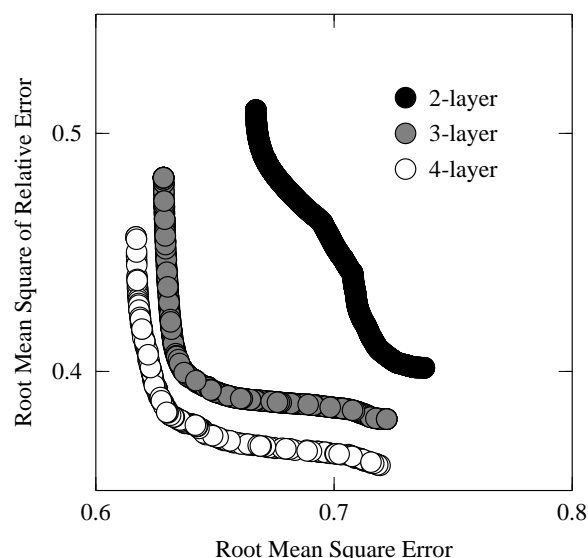


Fig.2 Pareto-optimal solutions: 2-layer, 3-layer, 4-layer (Eigenji)

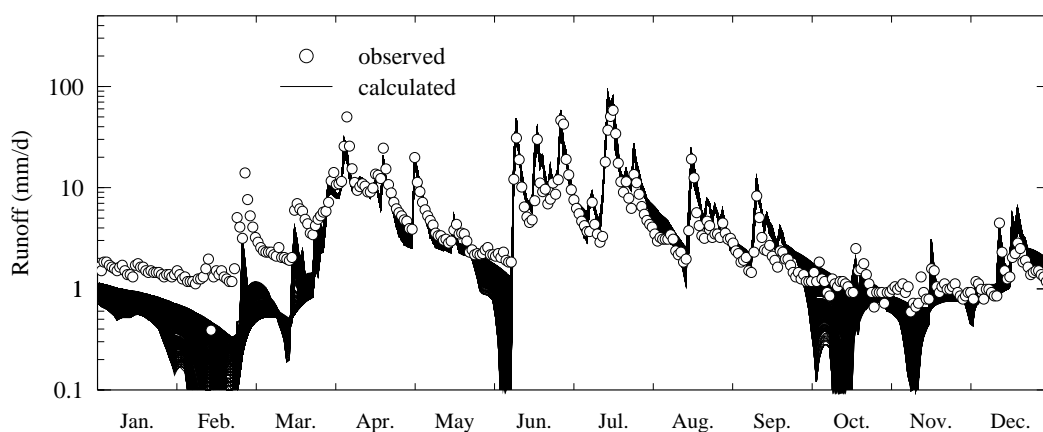


Fig.3 Simulated daily runoff hydrograph: 2-layer, Eigenji (1984)