

ダム流入量予測モデルの評価指標に関する考察

八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 *天方 匡純 AMAKATA Masazumi
 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 AI 解析研究室 藤井 純一郎 FUJII Junichiro
 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 AI 解析研究室 安野 貴人 YASUNO Takato

1. はじめに

平成 27 年 9 月の関東・東北豪雨，平成 29 年 7 月の九州北部豪雨，平成 30 年 7 月の西日本豪雨，令和元年 10 月の東日本台風，令和 2 年 7 月の熊本豪雨と，近年，従来経験したことが無い大雨により甚大な被害に見舞われることが多くなっている。

気候変動の影響により更なる被害の甚大化の可能性も示唆されるなか，国土交通省は平成 29 年 6 月に「施設の能力には限界があり，施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」として「水防災意識社会再構築ビジョン」を掲げた。

氾濫を許容する新しい社会構築に当たっては，適切なリスク情報の共有が必要不可欠である。その情報リソースの一つが洪水予測，ダム流入量予測等で得られる水系に関わる情報となる。しかし，これらの予測情報精度は実用レベルに至っておらず，平成 26 年 7 月公表の「国土のランドデザイン 2050」においてもインフラの頭脳化を実現する際の課題とされ，技術革新が求められている。

一方で，洪水予測やダム流入量予測のモデル精度評価に際し明確な指標が提示されていない現状がある。ハイドログラフ全体の再現精度を評価する際に用いる主な指標を図 1 に整理する。他にもピーク時諸量やリードタイムなどのハイドログラフの局所的形状を評価する指標も存在するが，まずはハイドログラフ全体の再現精度が重要となるため本稿では図 1 の指標を考察の対象とする。

2. 現在の指標の概要

適用するハイドログラフの洪水規模や継続時間により指標が大きく動くと，モデルの統一的な精

- ① 二乗平均平方根誤差： E_R

$$E_R = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (Q_O(i) - Q_C(i))^2}$$

- ② 流出波形誤差： E_Q

$$E_Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_O(i) - Q_C(i)}{Q_{OP}} \right)^2$$

- ③ 流出ボリューム誤差： E_V

$$E_V = \frac{\sum_{i=1}^N Q_O(i) - \sum_{i=1}^N Q_C(i)}{\sum_{i=1}^N Q_O(i)}$$

- ④ Nash-Sutcliffe 係数：NS

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_O(i) - Q_C(i))^2}{\sum_{i=1}^N (Q_O(i) - Q_{av})^2}$$

$Q_O(i)$: i 時の実測流量， $Q_C(i)$: i 時の計算流量，

Q_{OP} : 実測ピーク流量， Q_{av} : 実測平均流量，

n : 時間ステップ数

図 1 モデル指標の整理[1]

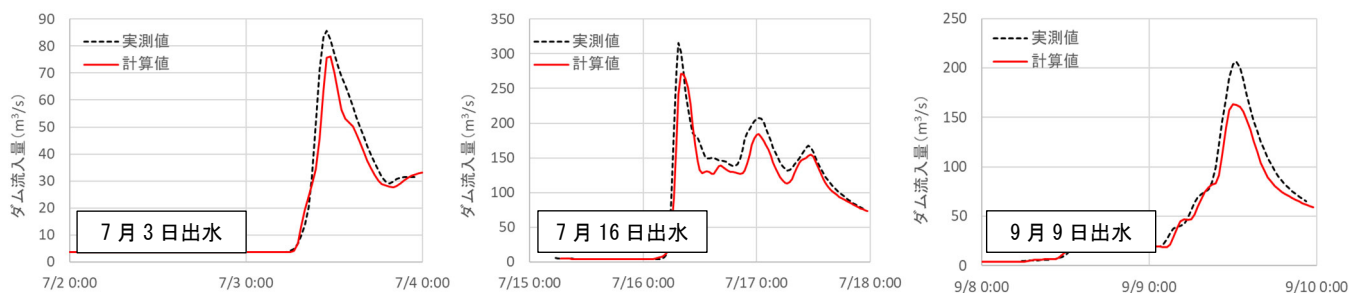


図 2 対象とするハイドログラフ

度評価が難しくなる。当然，河川流域毎に構築された予測モデルの客観的で統一的な精度評価も困難となり，精度向上に繋がる技術共有や技術研鑽が進みにくくなる。

図1に示した指標はダム流入量予測を意識した諸元で構成した。いずれも実測値と計算値の差を評価することで計算結果の精度を評価するものである。ハイドログラフの流量規模や継続時間の違いがモデル精度評価のロバスト性にどの程度影響するかが大きなポイントとなる。

3. 各指標のロバスト性の確認

図2のハイドログラフに図1の各指標を適用し，ロバスト性を確認し考察する。図2はある流域の1時間先のダム流入量予測結果のみを示したものであるが，2時間先の予測結果も整理しロバスト性を確認する。

図3に指標整理の結果を示す。ERはグラフ上限を越えているが実測値と計算値の生値を利用しているため流量規模によって指標変動が大きく，モデル評価指標として不適切である。EQは分母のピーク流量で分子の流量を正規化し流量規模に左右されないロバスト性を確保している。しかし，時間方向の正規化が行われず，ハイドログラフの継続時間の大小で指標が大きく変動するため，モデル評価指標として不適切である。EVは時間ステップ毎の流量を分母に適用することで流量・時

間方向にロバスト性を確保している。NSも流量・時間方向にロバスト性を確保しているが，実測値と計算値の差分の二乗を評価するため，実測値と計算値の差異に対して敏感である。

4. おわりに

本稿で示した指標は通常，流出解析モデルの精度評価に用いるものを予測モデル評価に援用したものである。このため，あくまで実測値既知の考察となる。しかし，実運用の観点では未知現象に対するモデル評価が必要であり，機械学習のvalidationの考察が必要となる。杉浦ら[2]はこれを意識した指標として情報量基準から展開した係数提案を行っている。発表の際には，未知現象への評価を踏まえると共に， E_V とNSの特性の違いにも言及する。

参考文献

- [1] 宮田昇平，中島隆信，白石芳樹，島元尚徳：分布型洪水予測モデルのパラメータ同定及びフィードバック手法に関する研究，河川技術論文集，第19巻（2013）。
- [2] 杉浦正之，田中耕司，辻倉裕喜：洪水予測モデルの当てはまりの良さを評価できる Nash 係数の提案，土木学会論文集 B1（水工学）Vol.74,No.5,I_1351-I_1356（2018）。

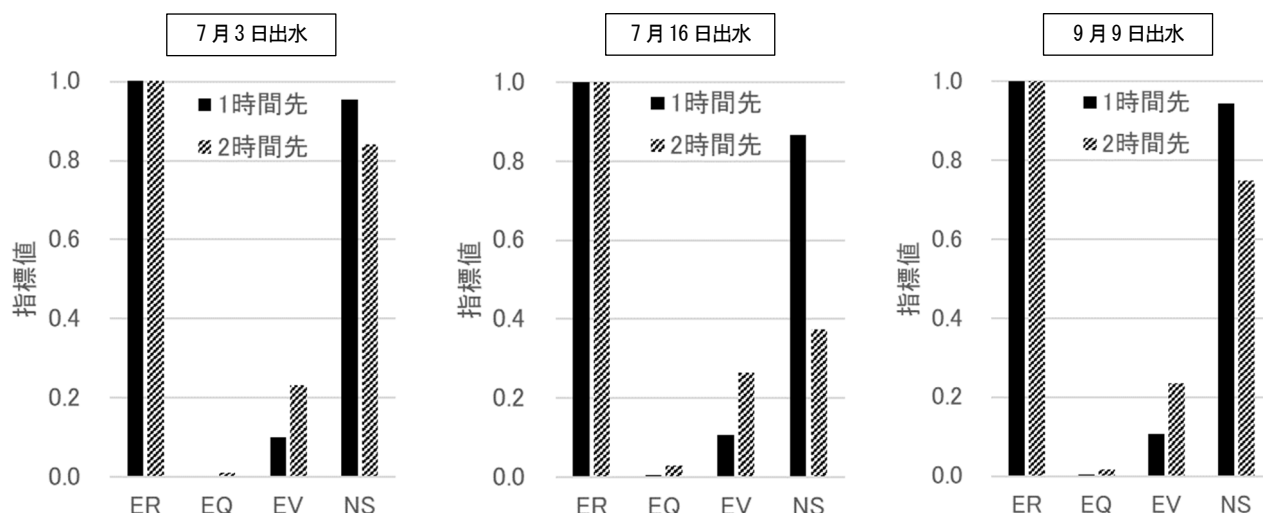


図3 各指標のロバスト性の検証