

ダム流入量予測技術の一つの考え方

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○天方 匡純
同上 渡邊 優

本論文は、ダム流入量予測に焦点を当て、現在の予測技術の現状を踏まえ、当面のダム流入量予測の在り方について一つの考え方を示したものである。

1. 目的

これまで、ダム管理に活用されてきたダム流入量予測システムは、主に貯留関数や分布型流出モデルといった物理現象を簡便化したシミュレーションモデルを技術コアとしてきた。しかし、シミュレーションモデルのみによる予測精度の確保は難しく、各現場の工夫のもと、これらの計算値の加工や全く異なる手法等により意思決定をサポートしてきたのが現実である。これら現状を踏まえ、本論文では、ダム流入量予測技術の適用方法について示す。

2. ダム流入量予測とは

ダム流入量予測技術は、ダム運用を効率的・効果的に進めるためのダム貯水池への流入量の先読みツールである。類似技術として、主に国や都道府県の洪水予報河川にて避難情報等を提供するために運用されている洪水予測技術があり、図1に示す通り、こちらは河川水位を予測している。

地形条件や施設管理のオペレーション上、ダム流入量予測の切迫度は高く、洪水予測に求められる6時間先予測に満たない数時間先予測の精度向上でも管理負荷を軽減できると考えられる。

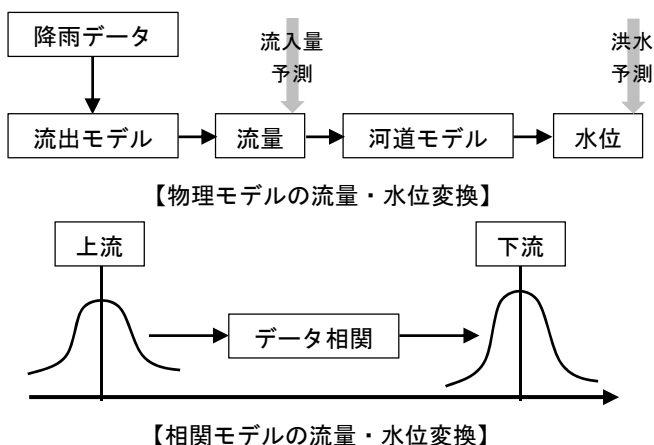


図1 物理モデル（上）と相関モデル（下）の概要

3. 物理モデルの概要

これまで、ダム流入量予測に主に用いられてきた物理モデルは、流域の地形・地質等の基礎情報をモデルに反映させ、流出現象を簡易的に再現したものであり、雨量を入力して、所定の流入量を算定することが可能（図1上）である。ただし、図2に示す通り、シミュレーションモデルには完璧シミュレーションからの簡便化による再現範囲の限定が発生するため、実運用の際にはこの差分を埋めるための処理が必要であり、これがフィードバック処理と呼ばれるリアルタイムでの補正となる。フィードバック手法としては、リアルタイムでの観測値を利用した、①現時刻値合わせ、②カルマンフィルター、③粒子フィルター等があり、特に③の手法によりリアルタイム直後の予測精度は飛躍的に向上する。この結果、その先の予測精度は予測雨量に依存することになるが、実運用に耐え得る精度は、せいぜい2時間先までである。

4. 相関モデルの概要

河川は上流から下流に水が流れるため、上流の情報が下流に伝わる特性を有する。この特性を活かし、上流の水位・雨量情報等を基に下流側流入量を相関的に予測する行為（図1下）が昔から行われている。それは、単相関、重相関、ニューラルネットワーク等を活用した過去データの統計処理により、上下流の

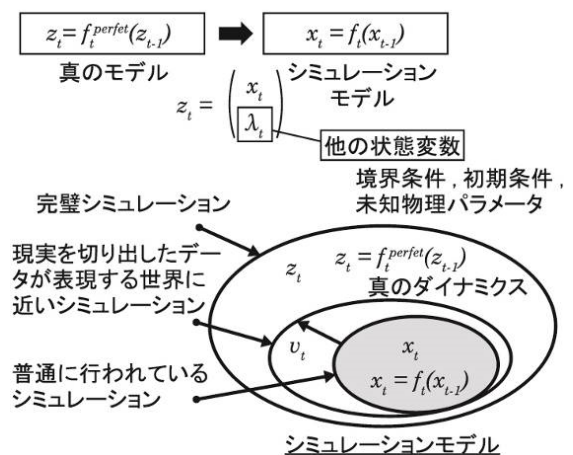


図2 シミュレーションと現実世界¹⁾

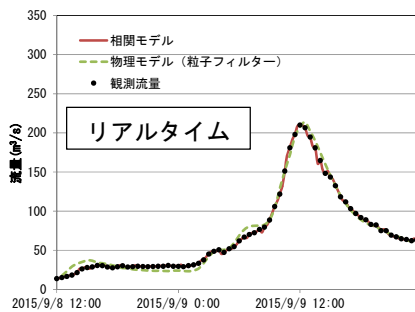


図3 リアルタイム精度の確認^{3), 4)}

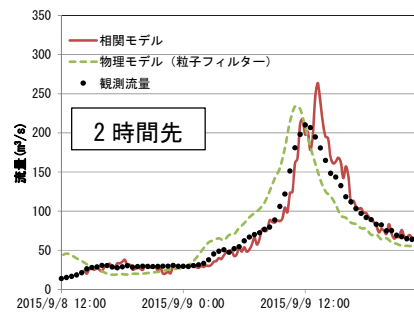
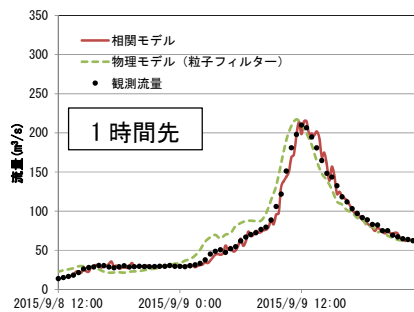


図4 予測精度の確認

データ関係を構築するものであり、近年では、ニューラルネットワークを高度化させた Self-Organizing Incremental Network²⁾や Deep Learning 等の人工知能による予測精度向上も試みられている。相関モデルの精度確保には、上下流の水位・流入量データ関係が重要であり、単純に考えると、上下流の観測地点間の洪水到達時間差が、確保できる予測時間となる。

5. 予測精度の比較

ある流域で物理モデル(分布型流出モデル)と相関モデルのリアルタイムでのダム流入量の再現精度を確認したものを図3に示す。両者は同等の精度を確保しており、その再現精度は実運用上も問題がない。次に、予測雨量を活用して、将来(1時間先, 2時間先)のダム流入量の予測精度を比較したものが図4である。明らかに相関モデルの予測が良好である。

この相違要因は、予測雨量に依存するか否かである。相関モデルは、上下流の洪水到達時間差を活用した予測雨量に依存しないリアルタイム情報も活用するため、ある意味確実な情報を基に数時間先の予測精度を確保できる。一方、物理モデルは予測雨量がなければ予測プロダクトを生成することができず、その予測精度は予測雨量に大きく依存する。この違いが図4の違いとなり表現されたものである。また、特筆すべきことは、相関モデルに予測雨量を適用すると、予測雨量を用いない場合より予測精度が向上する³⁾ことである。これは、今後、予測雨量を積極的に活用する一つの動機になると考える。

6. おわりに

前述した通り、リアルタイム情報のダム流入量再現精度は、物理モデルも相関モデルも同程度である。しかし、リアルタイム情報は、ICT技術の発達した現在では Web 等を通じ観測値を確認することが可能であり、これらの情報を新たに作り出すモデルは必要

ない。一方、予測情報は、慣例的に物理モデルを活用する現状では気象庁等の予測雨量の利用が不可欠であるが、現在の予測雨量精度ではダム管理に活用できる機会は長くて2時間先程度である(容量に着目する等の工夫により多少の活用延長の可能性あり)。

今後も予測雨量精度は向上していくと考えられるが、これらが要求水準を満たすまでは、相関モデルを積極的に活用し、まずは数時間先を確実に予測することが大切である。図5はその考え方を示したものであり、現時点では、ダム流域に水位計を増設する等して相関モデルによるダム流入量予測精度向上に優先的に取り組むことが重要である。一方、相関モデルでは数時間先以上の予測が困難であるため、物理モデルも併用し、予測雨量技術やシミュレーションモデル構造の進歩を取り入れつつ、ダム流入量予測の精度向上に取り組むことが重要であると考えられる。

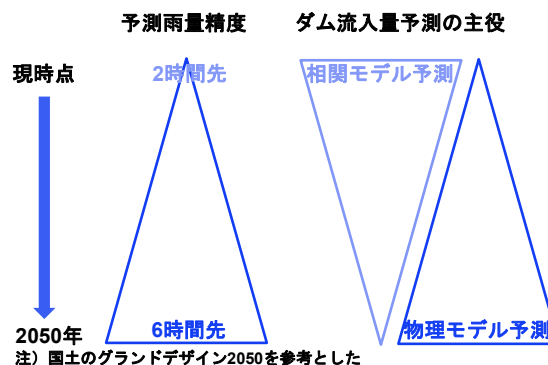


図5 今後の洪水予測手法の遷移案

参考文献)

- 樋口知之, 上野玄太, 中野慎也, 中村和幸, 吉田亮: データ同化入門, pp. 7, 朝倉書店, 2011.
- 山崎和博, 卷渕有哉, 申富饒, 長谷川修: 自己増殖型ニューラルネットワーク SOINN とその実践, 日本神経回路学会誌, Vol. 17, No. 4, pp. 187-196, 2010.
- 天方匡純, 梁田信河, 田代克浩: SOINN(自己増殖型ニューラルネットワーク)を活用したダム流入量予測に関する研究, 電力土木, No. 389, pp. 9-15, 2017.
- 天方匡純, 梁田信河, 渡邊優: 粒子フィルターを活用したダム流入量予測に関する研究, 電力土木, No. 389, pp. 16-22, 2017.