

(50) 洪水予測シミュレータの開発

Development Of Flood Forecasting System

坂井広正¹・田中耕司²・杉浦正之³・河内俊雄⁴・和田英治⁴・川島明昌⁵・藤原武夫⁵

Sakai Hiromasa, Tanaka Kohji, Sugiura Masayuki, Kohchi Toshio, Wada Eiji and Kawashima Akimasa

抄録： 本検討では、統一河川情報システムからの水文水理データを取得することを基本にした洪水予測システムとそれに基づくダム洪水調節時の操作支援システムの設計・構築を行った。このシステムは、データ・ベースを中心にした洪水予測機能とダム操作シミュレータ機能の2つで構成されている。洪水予測システムでは、水系全体を対象に自動的に予測演算を行うものであるに対して、ダム操作支援シミュレータでは、予測システムの演算結果を利用して、ダムの操作による下流の流量や水位を予測でき、ダム放流による影響から意志決定を支援するシステムについて論じたものである。

キーワード： 洪水予測システム、ダム操作支援シミュレータ

Keywords : Flood Forecasting, Simulation System, Flood Control Operation of Dam, Database

1. はじめに

近年、局地的な豪雨や台風の襲来によって、浸水被害が発生している。このような、自然外力に対する備えとして、河川管理者が水防体制や洪水予報を発令するための洪水予測システムを導入してきている。また、統一河川情報システムが開発され、全国の雨量、河川水位のデータを一元的に集約し、この基礎データを防災活動に利用できるように推進している¹⁾。

一方、河川整備の現状としては、計画規模に達していない河川がほとんどである。そのため、ダム等で洪水調節を行っても、下流の河道の整備が遅れれば、ダムによる効果も限定的なものとなる。そのため、最近では、下流の状況に応じた臨機応変に操作を行い、下流の浸水防止あるいは浸水被害の軽減に寄与する事例^{2),3)}がある。

このような背景の中で、洪水予測システムで様々な判断をするのは、河川を直接管理する立場にある国・県の出先機関であるが、それを統轄する立場にある機関では基本的に洪水予測システムといった支援システムを活用されていない、あるいは導入されていないのが現状の課題である。

ここでは、統括する場所において一元的に管理することを基本的な考えとして、洪水予測シミュレータの開発について報告するものである。このシミュ

レータは、従来の洪水予測システムと同等の機能を有するものとダム管理支援機能をもったものである。

2. 洪水予測シミュレータの概要

(1) 洪水予測モデル

洪水予測システムは、雨量・水位データから今後の河川の流量や水位の状況を情報提供するものである。したがって、過去の実績洪水による検証を行い、精度を担保した洪水流出モデルをシステムに組み込むことになる。

開発したシステムには、出先機関で整備されている洪水流出モデルを参考に構築した集中型モデルと分布型モデルを組み込んだ。

(2) ダムの洪水調節操作モデル

洪水予測システムでは、河川流量、水位の予測結果が表示される。特に、河川に洪水調節ダムが存在する場合、その操作によってダム下流の予測値が変化することが考えられる。一般に、洪水予測システムは一定間隔で自動演算するシステムであるため、操作規則をモデル化したダム洪水調節計算を実施している。

一方で、下流の洪水時の水位の状況から、ダムの洪水調節に対する住民等からの要望に対して、ダムで臨機に操作することが要求されるケースが増えてきている。そこで、このような要望に対して、あらかじめ洪水予測に対するダム操作をシミュレートしておくこと

1 : 正会員 修(工) (株)建設技術研究所大阪本社水システム部 (〒541-0045 大阪市中央区道修町 1-6-7, Tel :06-6206-5954, E-mail : h-sakai@ctie.co.jp)

2 : 正会員 修(工) (株)建設技術研究所大阪本社水システム部 (〒541-0045 大阪市中央区道修町 1-6-7)

3 : 非会員 (株)建設技術研究所大阪本社水システム部 (〒541-0045 大阪市中央区道修町 1-6-7)

4 : 非会員 国土交通省中国地方整備局河川部河川管理課 (〒730-8530 広島県広島市中区上八丁堀 6-30)

5 : 非会員 国土交通省中国地方整備局河川部 (〒730-8530 広島県広島市中区上八丁堀 6-30)

は、今後のダム管理を考える上で、支援システムの構築は有効に働くものと考えられる。

本検討では、1ダムについて、前述の考えの下で洪水調節モデルを作成した。表－1には、組み込んだダム操作方式の一覧を示す。

表－1 ダム操作方式の一覧

操作分類	操作内容	概要
基本操作	①一定量放流（現状放流量維持）	予測12時間に対して放流量を一定とする
	②一定量放流（任意放流量入力）	指定した放流量を一定で12時間先まで継続する ユーザは、放流量を入力
	③一定率一定量カット	流入量に対して目標放流量までは、一定率でカットし、ピーク到達後は一定放流量とする放流 ユーザはカット率とカット開始量を入力
	④一定開度	計算から算出された現時点の開度を12時間一定として放流
	⑤放流量手動設定	ユーザが指定した放流量に応じた計算を実行する機能 放流量はユーザが設定した値で計算する
追加操作	①但し書き操作	貯水位がただし書き操作に移行する場合は、上記放流ルールから、ただし書き操作に変更となる。
	②後期放流操作	水位低下操作のための後期放流を実施するか指定する。 指定しない場合は、放流量が流入量を下回った場合には、流入量＝放流量として計算する。

3. 洪水予測シミュレータの開発

(1) システム構成

システムは、下記の4つの機能を持ったサブシステムとデータ・ベースで構築した。システムの構成を図－1に示す。

- ①予測計算機能
- ②シミュレータ機能
- ③外部通信機能
- ④管理機能
- ⑤データ・ベース

このシステムの設計の基本的な考え方として、以下の点に留意した。

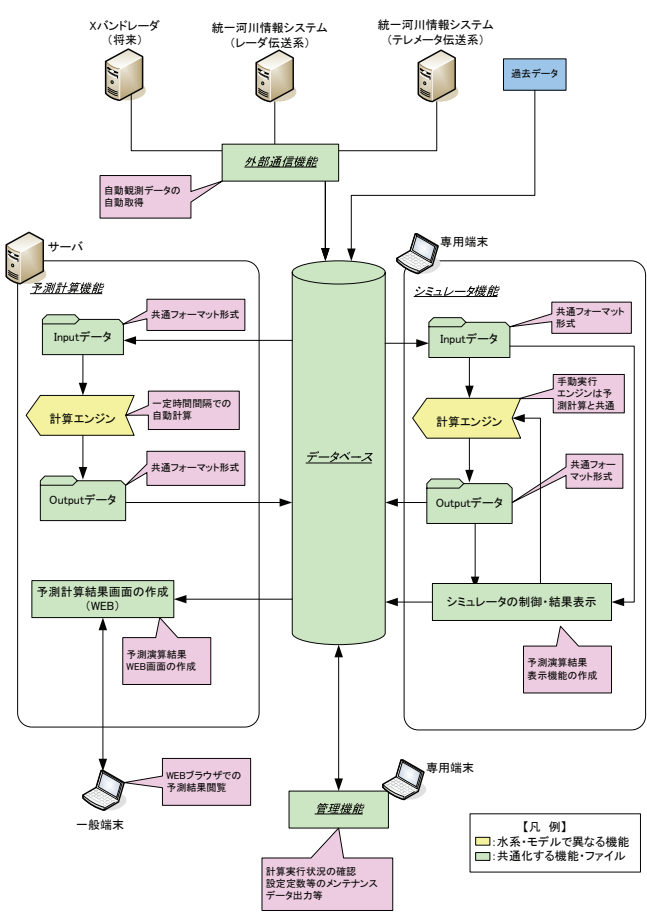
- ・データ・インタフェースの標準化することで、将来的に他水系へ拡張できること
- ・データ・ベースを中心とした自動計算による洪水予測システムとダム操作の変更に伴う下流河川の水予測シミュレータ
- ・統一河川情報システムからデータ取得

(2) 外部システムとのデータ連携

今回構築したシステムは、将来的にわたって必要と想定されるデータに関して、統一河川情報システムから、全て取得するものとした。

- 対象とするデータの種類は、以下の通りである。
- ・テレメータ 雨量・水位（国土交通省）
 - ・ダム諸量（国土交通省）

- ・堰諸量（国土交通省）
- ・統合プロダクト（実況・気象庁）



図－1 システム構成

- ・ナウキャスト（1時間予測・気象庁）
- ・降水短時間予測（6時間予測・気象庁）
- ・全国合成レーダ（実況・国土交通省）
- ・移動解析雨量（3時間予測・国土交通省）

(3) 予測計算機能および計算実行部

a) 予測計算機能

本機能は、洪水予測計算の実行に必要なデータ・ファイルをデータ・ベースから作成する機能、さらに計算結果をデータ・ベースに登楼する機能である。

さらに、予測計算間隔は、テレメータの配信時間等を踏まえて10分間に1回とした。予測期間は、予測雨量として最長の配信データが降水短時間予報（6時間先）である。しかし、ダム操作シミュレーション機能と考えた場合、演算時間が6時間とした場合は短いため、予測演算時間としては12時間先までとした。その際に、自動計算時の6時間後以降の12時間先までの予測雨量に関しては、6時間後の最終値を利用して計算を実行するものとした。ただし、6時間以降の計算に関しては、降雨の予測精度が低下するため、ダム操作シミュレーション以外の計算結果の表示に関しては、6時間先までとした。

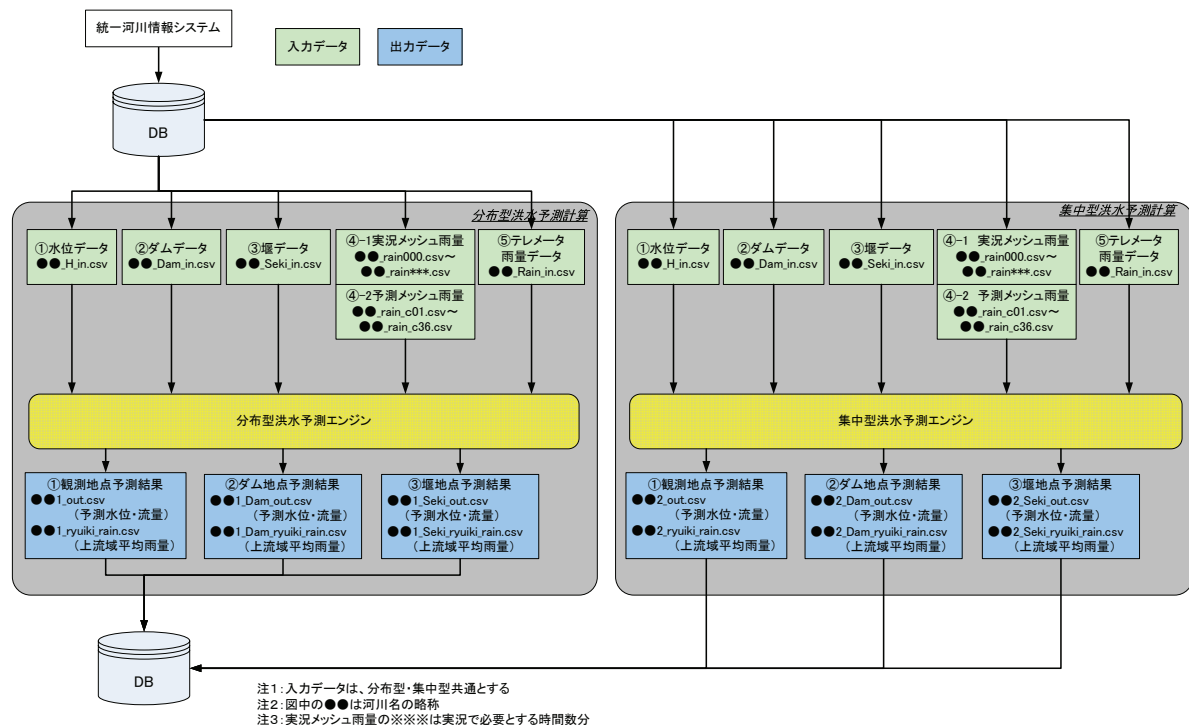


図-2 予測モデルと入出力ファイルの関連図

b) 入出力データの定義

本業務で構築したデータ・インタフェースは、対象河川以外にも拡張できるように考慮した設計を行った。水系毎に入出力ファイルが異なる場合、水系を追加する毎にシステム改修が大きくなるため、入出力ファイルの作成ルールは全水系で統一することとした。これを踏まえたシステム構築の前提条件を設定した。

- ・ファイル形式：CSV形式
- ・入力ファイル：集中型、分布型で共通
- ・欠測データの処理：エンジン側
- ・入出力ファイル：各河川の略称を追記管理

(4) ダム操作支援のためのシミュレータ機能

シミュレータ機能は、データ・ベースから自動予測結果データや任意のダム操作に必要な条件データ（手動）を用いて、ダム放流シミュレーションや既往洪水検証等を実施するものである。なお、これらの機能は、オフラインで実行する機能である。

以下に、主な機能を示す。

a) ダム放流演算

- 1) 洪水予測システムの計算結果に対する再計算
リアルタイムの計算結果（操作規則どおり）に対して、放流量を変更した場合の予測計算を実行し、ダム、下流地点の状況を表示する機能
- 2) 洪水調節効果の出力

自動計算結果に対して、ダム調節効果（下流観測所地点での評価）を再計算により表示する機能

b) 既往洪水検証

既往洪水を対象として、定数を変更して精度検証を実施する機能

c) 降雨条件変更計算

- 1) 降雨データ変更再計算
予測計算に使用する降雨条件を選択して、比較計算を実行する機能
- 2) 仮想降雨によるシミュレーション
仮想降雨を設定してシミュレーションする機能

また、シミュレータの計算実行部分については、5種類の計算が必要になりことから、シミュレータに対応したエンジンを複数用意する必要が生じる。その場合、メンテナンス時にそれぞれのエンジンを更新しなければならず、更新漏れなどヒューマンエラーが生じる可能性がある。そこで、シミュレータ機能のエンジンはきょうつうとし、これを制御するための計算条件定義ファイル（図-3中の【計算フラグ ○○_calflg.csv】）をシステムが作成することとした。

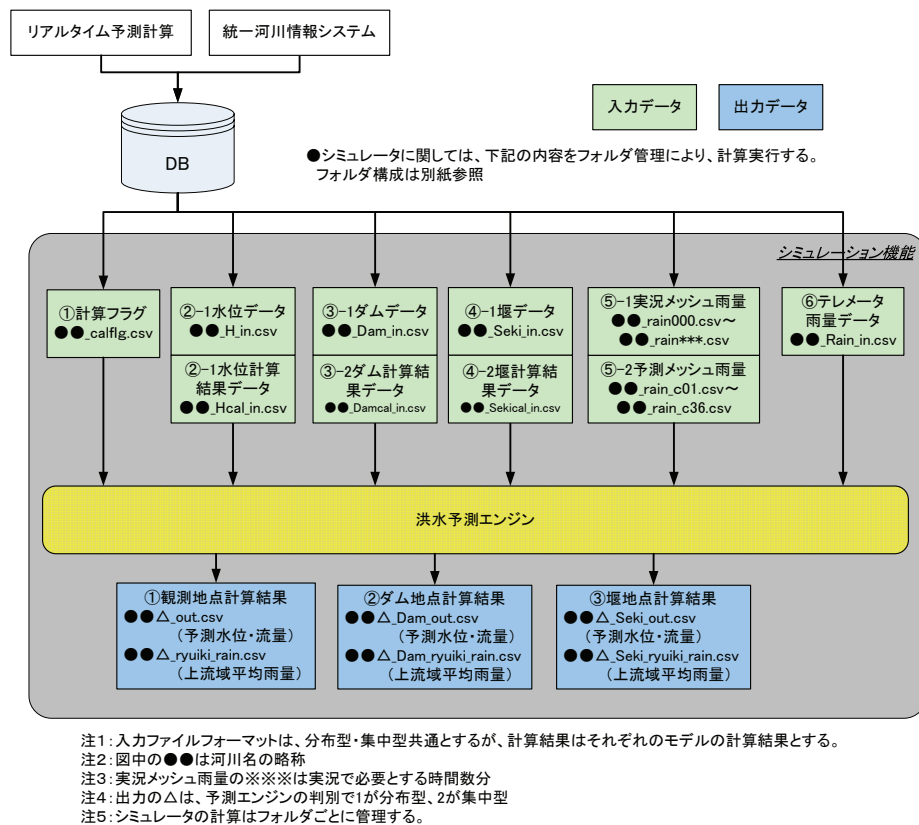
(5) データ・ベース

a) データ格納方法

シミュレータでは、5つのサブシステムで機能分担し、それぞれが独立稼動することで、マルチタスク的な処理を行うことが可能である。ただし、マルチタスク処理を行うには、データの書き出しや保存等のプロセスを多重アクセスとして管理する必要がある。

これにより、洪水予測システムでは、多重アクセスに対する安定性やデータ読み込みに対する効率性を考慮し、データベースソフトを利用した「データベース形式」を採用した。

b) データ・ベースの選定



図ー3 予測計算をする場合の計算エンジンと入出力ファイルの関連

システムが取り扱うデータは、以下の特徴がある。

- ・観測所の定義データ等の静的データ（時系列で定期的に変化しないデータ）
- ・テレメータデータやレーダデータ、自動計算結果等のような動的なデータ（時系列で変化するデータ）

OS との相性や操作性を考慮し、「Microsoft SQLserver」を採用した。また、動的データに関しては、大容量のデータ処理が早い「cassandra」⁴⁾を採用した。

4. おわりに

本検討では、作成した洪水予測シミュレータについて論じた。このシミュレータの開発にあたって以下の課題への対応について検討した。

- ・システムの一部をプラットフォーム化することによる、予測モデルの種類に支配されることがないシステムの構築

ダム操作支援については、操作規則で定義されている操作以外にも、最近の傾向として臨機応変な操作が要求されるケースもあることから、それに対応した予測計算とその結果を容易に比較できるように配慮した。これにより、非常時のダム操作による下流への影響を把握でき、操作の意志決定支援に役立つものと期待される。

さらに、このシステムは、日常はあまり稼働しない

ことから、職員の教育・訓練に使えるようにも配慮し、自由に演算ができるようにしている。この機能は、シミュレータ機能で実現されている。また、結果の確認や実測と計算の精度も同時にユーザが見ることができる機能を有している。

今後の課題として、ダムの操作支援において、手動計算部分とあらかじめ臨機操操作を視覚的にも支援できるように手動計算を支援するための自動計算機能も必要になると考えている。このような細微に渡る機能をはじめ、今後職員の方が演習などに利用されたときのユーザビリティなどを参考に改良を加えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 北川 明:統一河川情報システムの運用と展望, 平成 21 年 河川情報シンポジウム 講演集, pp.1-11, 2009 年 3 月
- 2) 国土交通省 中国地方整備局 八田原ダム管理所: <http://www.cgr.mlit.go.jp/fukuyama/kisya/kisya_100714.pdf>, 平成 22 年 7 月
- 3) (独)水資源機構関西支社:名張上流3ダム(青蓮寺, 比奈知, 室生)の洪水調節効果について, 平成 21 年 10 月, <<http://www.water.go.jp/kansai/kansai/html/tyouseitu/091008taifu18.pdf>>
- 4) The Apache Software Foundation: <<http://cassandra.apache.org/>>