

(41) F F 制御理論にもとづく河川管理施設の操作支援システム

Support System for Flood Control Operation of River Administration Facilities Based On Feed Forward Function

田中耕司¹・原田翔太¹・坂井広正¹・由良英作²・大八木豊²・杉浦正之²

Tanaka Kohji, Harada Shota, Sakai Hiromasa, Yura Eisaku, Ooyagi Yutaka and Sugiura Masayuki

抄録：ダム・堰・内水排水機場・水門など河川管理施設の操作予測システムに組み込むための基礎的な検討をおこなった。具体的には、操作方法をシステム側から提示していくことが重要であるという観点から、フィードフォワード制御を参考にして、今後システム化に向けた操作予測について事例的な検討を行ったものである。

キーワード：河川管理施設，フィードフォワード，操作支援システム，洪水予測

Keywords：River Administration Facility, Feed Forward, System for flood control operation, Flood Forecasting

1. はじめに

近年、局地的な集中豪雨や台風などによる浸水被害の発生が多発している。これによって、河川整備で計画されている規模を上回る洪水や局所的に河川の流下能力を上回る洪水等が発生していることが要因としてあげられる。

河川流域内では、浸水防止を目的に、ダムや水門などの河川管理施設が建設され、その目的に対して洪水調節による流量低減効果、水門による本川からの逆流防止等の効果を発揮している。

一方で、ダムや水門に期待される操作による効果は、最近の洪水の特性を踏まえると、河川改修規模とダムの治水効果の規模が一致していないという整備のアンバランスのみならず、実際の降雨の地域性や規模のバラツキによって、十分に発揮していないケースが生じている。そのために、河川管理施設で臨機応変に対応できる操作¹⁾が求められている。

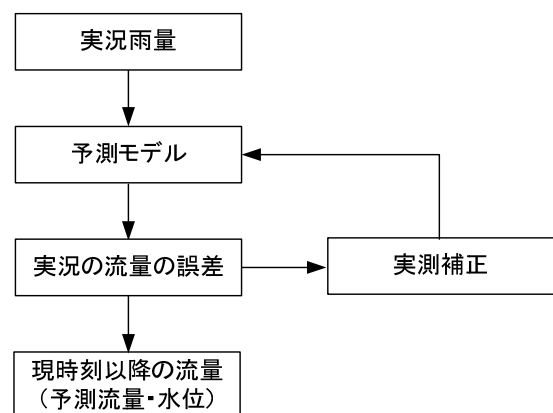
本報告では、上記のような操作時において操作員の意志決定をサポートするために、ダム・堰・内水排水機場・水門など河川管理施設の操作予測システムに組み込むための基礎的な検討を行った。具体的には、操作方法をシステム側から提示していくことが重要であるという観点から、フィードフォワード制御²⁾を参考にして、今後システム化に向けた操作予測について事例的な検討を行ったものである。

2. 洪水予測と操作予測の関連性

本検討で対象にする洪水時の操作予測をするためには、以下のことがシステムで実現されることを前提としている。

- ・ 対象とする河川管理施設の操作に必要な情報は、洪水予測システムで知り得ること

この洪水予測システムは、図－1に示すように、流域の雨と河川水位を入力して、実測の流量や水位と予測誤差を修正し、現時刻時点での誤差を極力最小にした上で将来の状態を予測するものである。このときに、フィードバック方法を採用している。



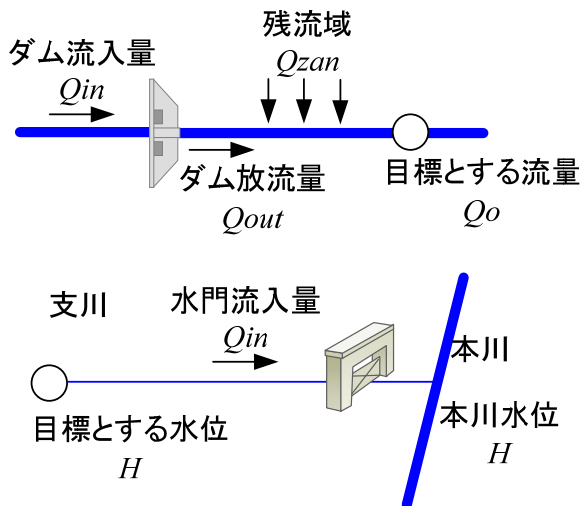
図－1 洪水予測システムの基本的な流れ

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 :06-6206-5923, E-mail : kj-tanak@ctie.co.jp)

2：非会員 修(工) (株)建設技術研究所大阪本社水システム部

ここでは、このフィードバック手法についての言及はせず、あくまで上記の前提条件に従うものとする。すなわち、施設に対する外力の予測については、この洪水予測システムの出力が予測時点での最適解として取り扱う。

さて、操作予測に必要な予測外力（水位や流量）は、河川管理施設とその機能・役割について異なる。このでは、問題を簡単にするために、図－２に示す施設を想定した操作支援について考察する。



図－２ ダム・水門を例にしたFF制御による操作予測

3. フィード・フォワード制御理論に基づく最適操作の条件

（１）ダムにおける最適操作

ダムにおける最適操作の目的は、下流の氾濫を防止するあるいは浸水被害を軽減するために実施することである。そのため、下流の水位（流量）をFF制御の目標値に対して操作を適宜変更することが求められる。

このような目標値追随性をダム側で制御するためには、まず洪水予測においてダム流入量を予測することが前提となる。次に、下流の残流域の流量を予測する必要がある。この段階では、フィードバック手法によって、現時刻での誤差を最小にして、以後の予測流量を推定しておくのが一般的な方法である。

次に、下流のネック地点といったダム放流によって影響が発生する可能性のある地点での目標とする流量（流下能力、浸水被害を軽減するための流量など）を目標にしてダムの放流量を設定する必要がある。このときに、放流してから下流の地点に到達する時間も考慮した操作に留意しなければならない。また、ダム放

流量によるダム貯水位の増減も把握し、洪水調節におけるダムの安全性も確保する必要がある。

以上のことをシステム化するために、以下のことに留意したものとしなければならない。

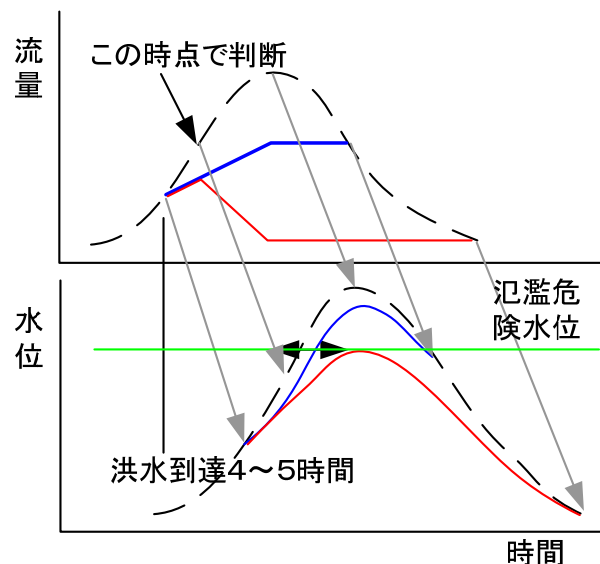
- ①目標値に対する演算はダムの操作規則を越えた放流量の設定はできない。
- ②下流の目標流量をどこ時点まで守るのかを、ダムの安全性等を考慮する。

上記の①について計算事例の模式図を図－３に示す。これによれば、洪水到達時間によって非常に難しい操作判断を強いられることが考えられる。すなわち、目標地点が離れており、洪水到達時間が数時間の場合、洪水予測そのものの精度が非常に左右することになる。一方で、洪水到達時間が短い（１時間程度）場合は、洪水予測の精度はそれほど問題ではなく、ダム操作判断のための時間無くなるなど、実務上の問題が顕在化してくる。

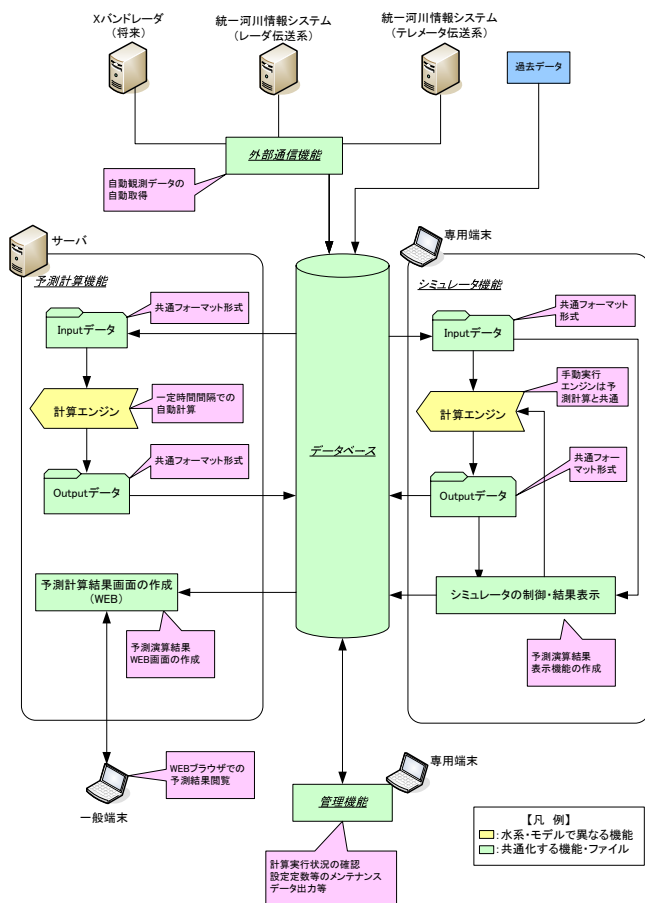
したがって、これらのルール化は、ダムを含む流域の特性を踏まえた上でも非常に難しいものと考えられる。このことから、システムで今後の下流の氾濫防止のための操作を支援していくためには、以下のようなシステムでの配慮が必要である。

- ・ 理論上の最適な解を表示することは可能
- ・ 操作規則を下回る操作での下流の水位低減効果の表示（パターン化）
- ・ 操作規則通りの操作
- ・ 操作員が自動的に計算された操作を参考に放流計画を立案し、その効果を確認するためのシステム

以上のシステムとしては、図－４³⁾に示すシステム構成が参考になる。



図－３ 洪水到達時間による操作予測への影響



図－４ ダムの操作シミュレーションを組み込んだシステムの構成

(２) 水門における最適操作

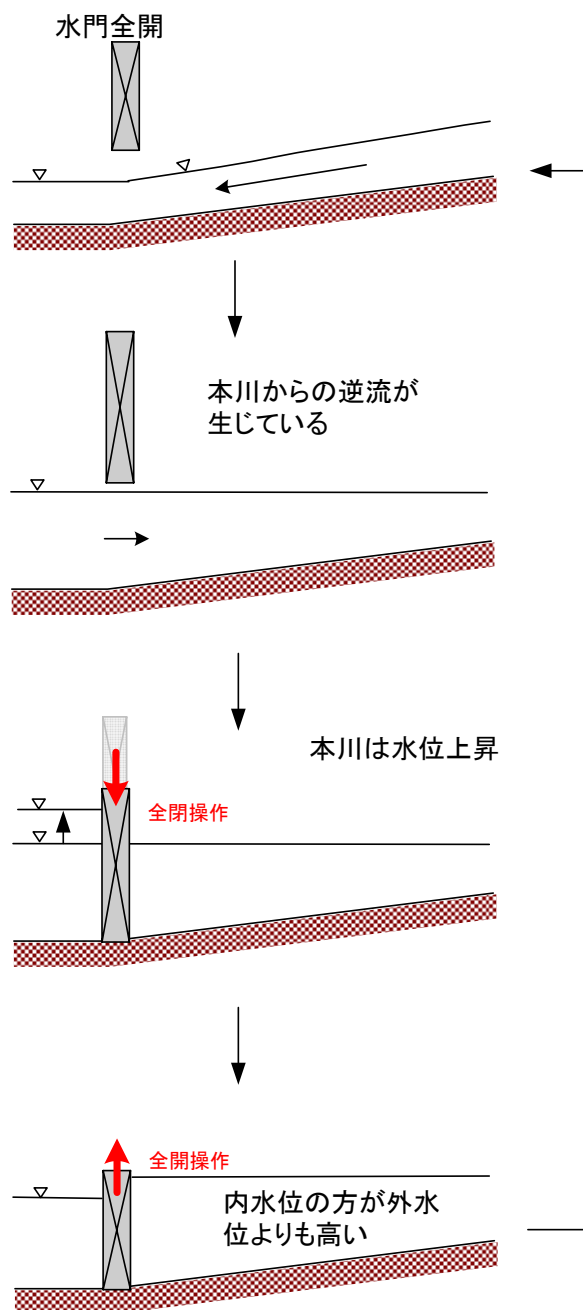
水門においては、水門上流域の流入量予測と本川水位（流量）の予測結果が前提となる。水門の操作によって、水門上流域の水位と本川水位が変化することから、水門地点での逆流が計算上検知できる。

水門操作の目標は、水門上流域の浸水被害軽減であり、水門を閉鎖することで水門上流域の水位が本川水位よりも予測結果が下回ることが必要である。（図－５）

システムにおいて、このような操作を支援するためには、まず水門閉鎖時刻の予測とそれ以後の上流側の水位変化を、操作に必要な時間を考慮した表示が必要である。（図－６）

以上のシステム化が実現できれば、以下のような点で有効なものになると考えられる。

- ・ 上流域の洪水予報や水位情報を周知できる。
- ・ 避難勧告などの発令や避難所の開設など避難行動の決定や誘導の参考となる



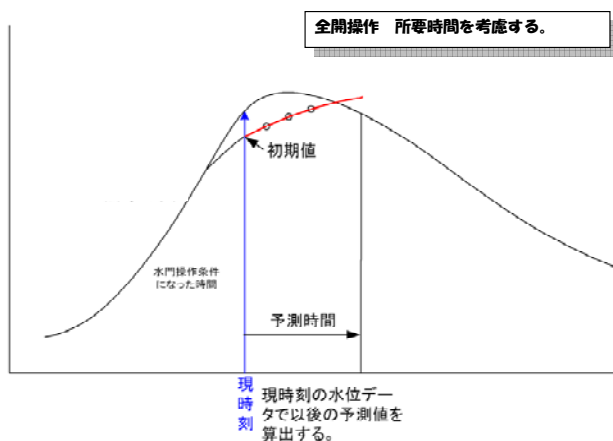
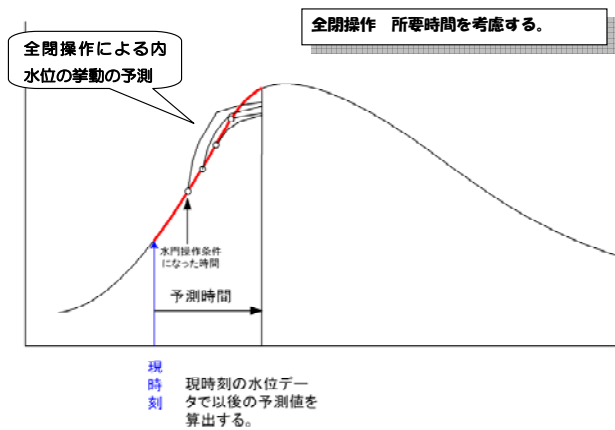
図－５ 水門操作の概要図

５. おわりに

本報告では、従来の洪水予測システムに河川管理施設の事例としてダムと水門の操作予測を組み込む際の留意点について考察した。

その結果、以下の通りである。

- ・ 洪水予測システムの精度がダム等の操作予測に影響を与えるのは、FFでの目標地点までの洪水到達時間によって意志決定する操作のぶれが大きくなる可能性がある。



図－6 本川水位と水門の開閉時期の予測

- ・ 一方で、短い場合は洪水予測精度もたかくなるため、放流操作による効果が期待できる。
- ・ また、自動計算機能も必要であると考え、操作員が放流判断をするための時間や効果の発現の仕方は、機械的に決めることができないため、手動計算機能も必要になる可能性がある。
- ・ 水門操作については、ダムと異なり、上流域の浸水軽減を目的に実施するため、本川の予測精度と自流域の精度を見極めないとシステムが有効に活用されない。
- ・ また、水門地点での逆流を予測できれば、上流域の浸水のタイミングが予測できるために、避難勧告などの発令にも役に立つものと期待できる。

今後河川管理施設の操作を効果的に実施することが、より期待されているため、システムに組み込むことで操作支援に繋がるものと考えられる。一方で、洪水到達時間という時間的な問題も考慮することにより、確実性は低減するケースも考えられるが、現時刻よりで

の下流の水位変化傾向を周知することで防災体制にも何らの備えを提供できるものとして活用できると考えられる。

参考文献

- 1) 例えば、国土交通省中国地方整備局：
<http://www.cgr.mlit.go.jp/fukuyama/kisya/kisya_100714.pdf>
- 2) 杉江俊治，藤田政之：フィードバック制御入門，コロナ社，1999 年。
- 3) 坂井他：洪水予測シミュレータの開発，土木情報利用技術講演集，（社）土木学会，2011 年 9 月。