

第II部門 貯水池操作支援システムの総合化に関する研究

京都大学工学部 正員 高埴琢馬 京都大学工学部 正員 堀 智晴
(株)建設技術研究所 正員 ○ 荒木千博 京都大学大学院 学生員 瀧健太郎

1 本研究の目的 これまでに開発・提案されてきた貯水池操作支援システムは、システムの対象や機能のある程度限定した形式となっている。例えば、洪水制御のみを支援の対象とするシステムや、情報の提供方法を特に追求したシステムなどが開発されている。しかし、より実用的で信頼性の高い貯水池操作支援システムを構築するためには、支援の対象や扱う情報を限定しないととも、支援情報の形態をも考慮していく必要がある。そこで本研究では、現在の貯水池操作支援技術を「総合化」という視点から分析し、今後の貯水池操作支援システムのあるべき姿と、それを実現するための課題を明確にする。その上で、総合的な貯水池操作支援システムを実現する基礎となる通年操作を支援するシステムを構築する。

2 貯水池操作支援システムの総合化 より実用的で信頼性の高い貯水池操作支援システムの実現に向けて必要となる機能を、「総合化」というキーワードを用いて分析する。

多種多量の情報処理 貯水池操作に必要な情報には定量的情報と定性的情報がある。これら扱う情報の種類や形式・質をシステム側で限定しないという意味で、「総合的」な支援が必要である。

支援の対象となる現象 洪水や渇水だけでなく、洪水もしくは渇水に向けての準備期間の運用や通常期の運用なども含めた「総合的」な支援が必要である。

意思決定項目の種類 貯水池操作の支援というと、とかく放流量決定のみに重きが置かれがちであるが、それに伴い行なわなければならないことや、体制移行の判断に対する支援なども必要である。

危機管理と最適制御方式の適用可能性 現在の貯水池操作方式は操作規則によるもので、想定外の現象における操作方針については、具体的に明記されていない。一方、実用化されてはいないが、予測情報を基にして時々刻々放流量を決定する最適制御方式が、優れた成果を得ている。このことから、現行操作の危機管理に対する支援と最適制御方式の適用可能性

についても「総合的」に支援する必要がある。

貯水池操作に対する支援情報の提供 実務者に対し、提供される情報は、雨量・流量などの基本的な観測データを始め、支援システムが推薦する放流量や体制移行のタイミングまで数多くあるが、それらを如何なる形で提供すべきかを考えていく必要がある。
複数貯水池の統合操作 貯水池が存在する水系全体における有効な貯水池群運用を考慮すると、それら貯水池群の統合操作を行なう必要がある。

3 ダム操作規則検索用推論エンジンの設計 総合的な支援システムの基礎となるのは、通年操作を支援するシステムであると思われる。通年操作を支援するためには、まず第一に、操作規則全条文をシステムが格納していなければならない。操作規則は、プロダクションルールによって計算機上で実現される。格納する際に留意すべきことは、操作規則の原文に忠実な形でプロダクションルール化することである。その理由は、システムを構築する側が一時的に操作規則の条文を解釈すると間違ったルールを作成しかねないこと、間違ったルールを作成しなかったとしても、ルール数が増えた場合推論の際に思わぬ副作用を生じる可能性があること、操作規則各条文とルールが1対1に対応していない場合、どの規則に基づいた結果なのかといった情報を付加することが困難になること、の三つである。

操作規則に用いられる表現形式や論理構造に対しては、特別に対処しなければならない。

ダムの諸元等 ダムの諸元は条文として宣言的に定義され、他の条文から語句として参照される。よって、推論システムがダム諸元を一括管理し、必要に応じて参照できる機能を推論エンジンに持たせた。
条文から他の条文を参照 条文中に「第○条の規定により～の場合」という表現が頻出する。この意味は三つに分類され、それぞれに機能を持たせる必要がある。一つ目は他の条文の適用可能性を確認する機能、二つ目は推論中に適用したルールを記憶する機

表 1 二次調節に入る際の推論過程

入力	(today (8 2))(inflow = 925.50)(hirakata-level = 4.55) (storage = 8985640.0)(seta-release-for-low = 0.0)	
状態変数	(system flood-caution-system)(pre-release after) (flood-adjust first-adjust)(release-for-biwa before)	
推論過程	適用したルール	ワーキングメモリー
(サイクル1)	rule3-1-1	(flood-period) (hirakata-level = 4.55)
	rule3-1-2	(flood-situation-2) (inflow = 925.50)
	rule4-1-1	(flood-situation-1) (storage = 8985640.0)
(サイクル2)	rule16-1-2-B-a1	(flood-adjust in second-adjust)(release = 160) (hirakata-level = 4.55) (inflow = 925.50) (flood-situation-2)(flood-situation-1)
(サイクル3)	rule23-1-0	(flood-adjust in second-adjust)(release = 160) (hirakata-level = 4.55)
	rule26-1-0	(inflow = 925.50) (flood-situation-2)(flood-situation-1)
推論結果	サイクル3と同じ	
注意事項	(decide date of release and volume of release) by rule26-1-0 (communicate to (kyoto-pref-river-section etc...) etc.by rule27-1-0	

能、三つ目は貯水池の現状態を一括管理する機能である。

4 通年操作支援システムとその適用例 本研究の通年操作支援システムは、高棹ら [1] の協調問題解決型洪水制御支援システムを拡張して設計する。操作方針に関する知識システムにおいて、3. で開発した操作規則全条文を格納した推論エンジンを用いる。操作方針に関する知識システムは、本則・細則・予備放流実施要領の三つに分かれる。図1は、通常期から洪水制御関連の操作への移行をシミュレーションした例である。8/1am3:45の予備放流開始から、8/2pm9:00の後期放流終了まで、洪水調節が行なわれている。図1には現れていないが、洪水警戒体制への移行や解除もシステムから勧告された。洪水調節前の通常期から洪水調節後の琵琶湖水位低下のための放流、さらにはその後の通常運用まで放流量が決定されている。表1は、8/2am4:30の二次調節に入るところの推論過程である。3. で開発した推論エンジンの機能がうまく働किながら、推論を行なっている。まず、サイクル1で1号、2号洪水であることを知り、サイクル2で、他の知識システムへ推論を依頼して二次調節開始の決定をしている(第16条第1項第2号口)。推論がうまく論理立てて行なわれている。

5 成果と課題 貯水池操作支援システムに必要な機能を、総合化というキーワードを用いて分析し、その中の基礎となる通年操作を支援するシステムを設

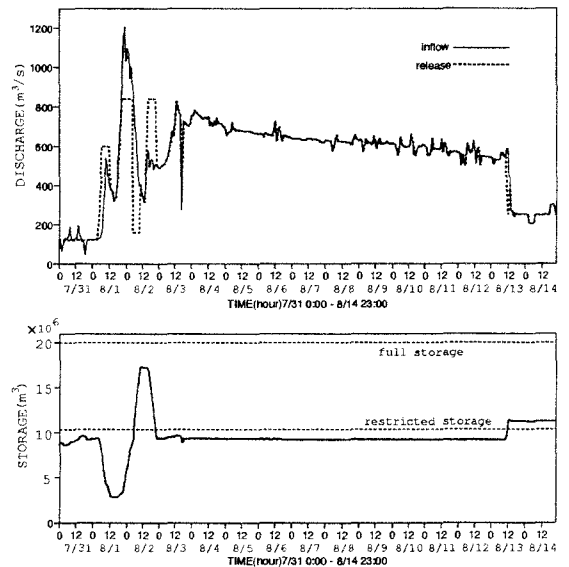


図1 洪水制御前後の適用例

計した。今後は、「総合化」の他の要素を満足するようシステムを拡張しなければならない。

参考文献

- [1] 高棹琢馬・椎葉充晴・堀智晴・佐々木秀紀：協調問題解決型洪水制御支援環境の設計，土木学会水工学論文集第34巻，pp.595-600,1990
- [2] 張昇平・児玉好史・椎葉充晴・高棹琢馬：統計的二次近似によるダム貯水池群の実時間操作，京都大学防災研究所年報第30号B-2，pp.299-321, 1987