

II-118

定性的推論を用いた実時間洪水制御支援システムの開発

京都大学大学院 学生員 大石 哲 京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一
(株)建設技術研究所 正 員 井辻 英雄

1. 序 論

ダムの洪水調節は、その過程において多種多量の情報を正確かつ迅速に収集・処理し、これをもとに高度な判断を繰り返して安全で確実な操作を行なう必要がある。このような操作を支援するシステムとしてエキスパートシステムの研究が行われてきたが、従来の研究の多くは入手された情報を定量的に処理して判断を支援するものである。しかし、実際の洪水調節操作においては、入手情報あるいはその処理過程において定量的な扱いがきわめて困難な場合や、定性的な扱いで十分な場合も多いと考えられる。しかも、定性的な扱いが管理者の思考過程にきわめて近く、より有益な支援が可能と考えられる。

そこで本研究においては、実際に洪水調節を行なう管理者がどのような情報から何を考え、どのような判断をするのかを明らかにするとともに、定性的推論によってその過程をシステム化し、ダムの洪水調節支援のためのエキスパートシステムを開発した。

2. 定性的推論を用いた洪水調節操作支援システムの開発

2.1 洪水調節における思考過程とシステム化

気象情報を入手したときや降雨が確認されたとき、まず、ダム管理者は可能な範囲で情報を収集することが予想される。そしてこれらの情報を経験的に評価し、そこから操作に関する様々な結論を導き出す。この場合、重要な指標となるのが洪水予測結果で、予測の内容としては、何時ごろ洪水は立ち上がるのか、ピーク流量はどれくらいか、洪水の波形はどのようなパターンであるのか等である。そして、これらの予測流量をもとに放流警報や下流放流制限等の関連する内容を考慮して放流計画を立案する。

本研究においては、このうち、洪水予測を対象として、洪水調節のための各種判断に有益な定性的情報を提供するとともに、この情報を用いた操作に関する助言を行なうシステムを開発することとした。本研究で開発したシステムにおける判断の流れは図1に示す。すなわち、現時点でのダム流入量をもとに、1ステップ前で決定した操作内容が適切であったかどうかを評価する。操作が不適切であると考えられる場合は合理式による保存則と降雨の空間的な分布特性を評価することによって、その原因を推定する。さらに、貯留関数法を用いたダム流入量の挙動に関する定性的な推定、および上流ダムの放流に関する助言を行なうとともにその後の操作の内容に関して助言する。

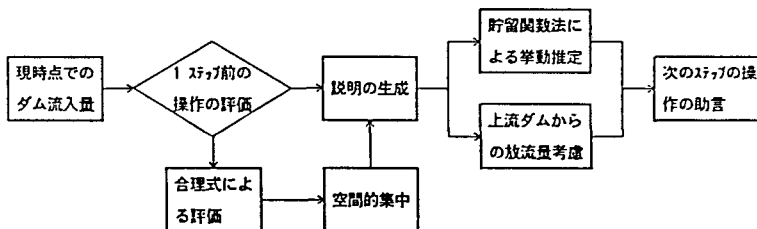


図1. ダム操作における判断の流れ

2.2 貯留関数法を用いた定性的推論

不完全な情報に基づく推論方法によって、ダム流入量の変化を定性的に予測する推論システムを開発した。本推論における基礎式は貯留関数モデルとした。貯留関数式を展開することによって、次の一次定性微分が得られる。

- ・ $r' - q > 0$ then $dq/dt > 0$
- ・ $r' - q = 0$ then $dq/dt = 0$
- ・ $r' - q < 0$ then $dq/dt < 0$

さらに、同式を微分することによって、2次の定性微分が得られる。1次、および2次の定性微分を用いたダム流入量の挙動の推定は図2のようにマトリックス表示される。

本システムはこのマトリックス表示の内容を画面に日本語で定性的に表示する。その例を挙げると図2(A)→”境界標以上の降雨があり、降雨量も増加していますので、流入量の増加率は増すでしょう。”

図2(B)→”境界標以上の降雨がありますが、降雨量は減っていますので、流入量はピークを越したと思われます。”

ダム管理者はこのような表示を見て今後のダム流入量の挙動を知り、それを操作に活用することができる。

3. 真名川ダム洪水管理への適用

適用対象ダムは九頭竜川水系の真名川ダムとした。真名川ダムの洪水調節方法はバケットカット方式であり、流域流入量が増加して500m³/sに達した時点から150m³/sの一定放流を行なうものである。適用対象洪水は'89年9月の秋雨前線出水と'90年9月の19号台風出水とした。これらの適用例では、貯留関数を用いた定性的推論に加えて、上流ダムの放流量を考慮することで洪水の立ち上がりやピークを十分判断していると思われる結果が得られた。

$\frac{dq}{dt} - (r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} \frac{dr'}{dt})$	降雨量が増す [+]	降雨量は横ばい [0]	降雨量は減る [-]	
[+]	(A) 増加率が増す ↗ 減少率が減る ↘	増加率が増す ↗ 減少率が減る ↘	増加率が減る ↗ 減少率が減る ↘	$r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} > 0$ $r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} < 0$
[0]	増加率が増す ↗ 減少率が減る ↘	このまま移行 → このまま移行 →	増加率が減る ↗ 減少しそう ↘ 減少率が減る ↘	$r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} = 0$ $r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} = 0$
[-]	増加率が減る ↘ 減少率が減る ↘	増加率が減る ↘ 減少率が減る ↘	増加率が減る ↗ 減少率が減る ↘ 減少率が減る ↘	$r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} < 0$ $r' - \frac{2 \cdot p}{1-p} > 0$ (B)

図2. 定性的な挙動の推定マトリックス

4. 結 論

定性的推論を用いたダムの洪水調節支援エキスパートシステムを開発し、これを実際におきた2つの洪水に適用した。その結果、①洪水調節操作における判断の流れをシステム化することができること、②上流ダムの放流量と貯留関数法を用いた定性的推論を併用することによって、ダム流入量の挙動を推定することが可能であること、③定性的な情報を利用することによってもダムの水位維持操作が十分支援できることが確認された。このように、定性的推論は洪水調節支援に対して有効であると考えられるが、今後より広範な流入量への影響因子の抽出と定式化、さらには図形情報の活用と出力などの問題もある。

なお、本研究を進めるにあたって貴重な水文データの提供、および、熱心な御討論を戴いた建設省近畿地方建設局九頭竜ダム統合管理事務所の方々に感謝の意を表します。

【参考文献】1) P.E.O'Connel, J.A.Cunge, M.ASCE, M.Erlich, and P.Bomel : Knowledge-based Real-Time Management of Risk Processes, Computerized decision support systems for water managers. ASCE, pp.66-78, 1989. 2) 西田豊明 : 定性的推論-常識的思考のモデル-, 人工知能学会誌, 2.1, 1987.