

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に関する研究

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

京都大学大学院 学生員○大石 哲

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、定性的な扱いは管理者の思考過程に極めて近く、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、ピーク流入量はどれくらいか、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、これらの予測流入量をもとに、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、この内、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うとともに、その後の操作の内容に関して助言する。

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。

$$\bullet r' - q > 0 \text{ then } dq/dt > 0$$

$$\bullet r' - q = 0 \text{ then } dq/dt = 0$$

$$\bullet r' - q < 0 \text{ then } dq/dt < 0$$

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。以上の方法によって、貯留関数を用いたダム流入量の定性的推論システムを作成した。

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 $500\text{m}^3/\text{s}$ に達した時点から $150\text{m}^3/\text{s}$ の一定放流による洪水調節を行うものである。本研究ではこのようなダムの洪水調節操作を支援するため、流入量の変化を10分毎に推定し、これを基に放流量決定のための助言を行う。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。'89年9月の秋雨前線降雨に適用した結果を図2に示す。同適用例においては、21時付近の立ち上がりを事前に予告しており、放流量の減少から増加に無理なく移行していること、3時からの立ち上がりを正確に予告していること等から、このシステムは洪水の立ち上がりやピークを十分に把握していると思われる。ただし、5時のピークについては若干遅れて判定している。また、'90年9月の19号台風に適用した結果を図3に示す。本適用例では、上流ダムの放流量がある時点で急増しているため、ダム流入量に及ぼす影響が大きいと判断され、上流ダムの放流量を考慮することで、適切な水位維持操作が可能となっている。

4. 結論

定性的推論を用いたダムの洪水調節操作支援エキスパートシステムを開発し、これを実際に起きた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課題もある。

なお、本研究を進めるに当たって貴重な水文データの提供、および、熱心な御討論を載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'Connell, 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, pp. 30-13, 1087.

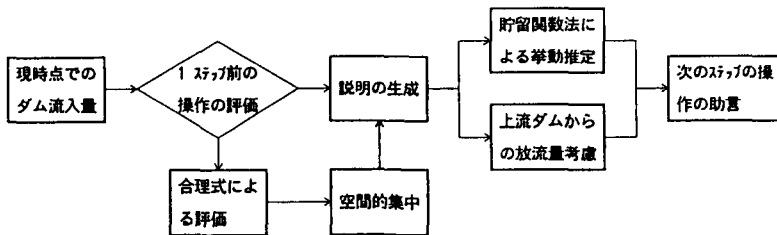


図1. ダム操作における判断の流れ

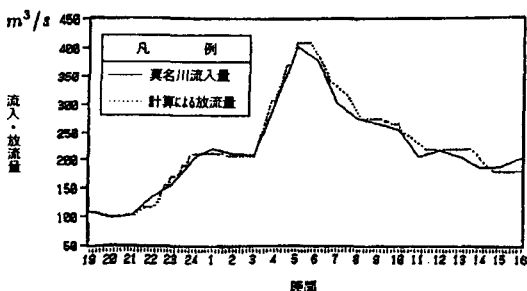


図2. '89 Nov.秋雨前線出水でのシミュレーション

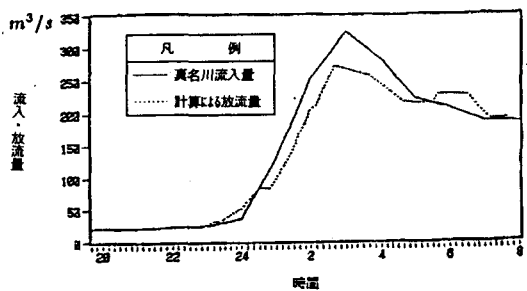


図3. '90 Nov.19号台風出水でのシミュレーション