

京都大学工学部 学生員 ○ 野原大督
京都大学防災研究所 正会員 小尻利治
京都大学防災研究所 正会員 友杉邦雄

1. **序論** 近年、全国各地で洪水や異常渇水などの河川災害が多発しており、防災対策の見直しが迫られている。こうした災害に対して、ダム貯水池の果たす役割は重要であり、長期的な視野に立つ効率的な操作ルールの確立が必要である。そこで、本研究では、従来、渇水、洪水操作として別々に行われていた貯水池操作支援システムの研究を統一し、ファジ理論やニューラルネットワークを用いた渇水、洪水予測とともに、実管理に適した操作手順を提案するものとする。

2. **貯水池連続操作支援システムの概要** 一般に、多目的ダムや発電用ダムにおいては、洪水開始時には治水容量が確保され、洪水終了時にはできるだけ早く貯水量を回復させ、その後の長期操作では利水容量が満杯になることが望ましい。これを目標として、連続操作を行う。

まず、通常時は長期操作を行う。長期操作において、現在の貯水量が、目標貯水量(需要量を満たし得る最小貯水量)を十分満たし節水が不要となる場合には、需要量をそのまま放流量とする。一方、現在の貯水量が目標貯水量を下回っていれば、低水操作(渇水操作)を行うものとする。

もし、台風が発生した場合には、台風進路、降雨量、流入量の予測を行う。そして、洪水氾濫・越流するのであれば、洪水操作へ移り、しないという予測であれば、現在の貯水量に応じて引き続き長期操作を行う。台風が去り、洪水操作終了の条件を満たしたら、洪水操作を終了し、長期操作に戻る。また、具体的な貯水池操作には知識ベース型システムの導入を行う。

次に操作の切り替えであるが、本研究では洪水操作は台風のみを対象としたので、台風が接近してきた場合には、日単位で行っていた長期操作をそのまま実施しながら、時間単位で台風進路、降雨量、流入

量の予測を行うものとする。10時間以内に洪水流量に到達すると予測された場合は、洪水操作に移る。本研究では、できる限り高い水位を保つため、また、下流河道の人工洪水を防止するために設けられた放流制限範囲を守るために、予測時間を通常より長い10時間とする。次に、台風が通過したら、洪水操作を終了し、長期操作へ移るための操作を行う。洪水操作を終了した段階で水位が常時満水位に達していなければ、需要量分のみの放流に切り替える。これにより、最大限のはやさで水位を復帰させることができる。この操作が完了したら、長期操作に戻り、日単位で操作を行う。

以上のような流れで、連続操作を行う。

3. **流況予測手法** 長期流況予測には中・長期気象予報を用いる。まず、週間予報から当半月の、1ヶ月予報から1ヶ月先までの、3ヶ月予報から3ヶ月先までの予測降水量を、段階区分値を用いて算出する。これらの予測降水量から、実績データにより得られた線形回帰式を用いて、3ヶ月先までの予測流入量系列が得られる。ここで、長期的な予報では不確定な要素が大きいため、通常のベイズの定理に現在の観測状況をファジ評価として反映させ、曖昧性を加味し拡張したファジベイズの定理を用いて、予測の修正を図ることとする。

洪水予測では、知識ベース内に格納されている過去の台風パターンを利用する。経路予測についてはファジパターン予測手法を用いて行う。この経路予測結果を用いて、降水量と流入量の予測が、ファジ理論とニューラルネットワークを結合したファジ・ニューラルネットワークにより行われる。以上の過程を経て、貯水池での10時間先までの実時間での予測流入量が得られる。

4. **予測精度を考慮した貯水池操作** 長期操作では、あらかじめ基本となる放流ルール(節水ルール)を

作成しておく。この際放流ルールは将来的に節水率が高くならないように設定する。この放流ルールを用いて、知識ベース内の各パターンと現流況との距離と、目標貯水量に対する現貯水量の不足分からファジィ推論を行い、渇水時の節水率及び放流量を決定する。

短期操作では、流入量の予測結果を基に、以下のような操作ルールに従い放流を行う。

ルール 1：洪水流量までに治水容量を確保する（予備放流）。

ルール 2：流量が洪水流量を超えた場合は、流入量と同量の放流を行う。

ルール 3：流量が一定量を超えた場合は、その一定量の放流を行う（洪水調整）。

以上の操作により、洪水時のピーク流量を抑えることができ、効果的に洪水調整を行うことができる。

また、長期操作においては、予測精度を考慮した操作手順を提案する。予測誤差は各予報の予測誤差分布の85%を含むように設定する。長期予報で予測される2ヶ月先、3ヶ月先に関しては、予測精度の悪さから流況が低く見積もられていても回復がある程度見込め、またそれらの期間に関してはこれ以後も予測されることから、実際のダム運営にあたっては今より近い将来の流況に重点をおくべきである。そこで、将来的に小さくなっていくような信頼度曲線を設定し、上記の予測誤差に乘じ、この値を予測降水量から差し引くことにより、信頼性を考慮した修正予測値が得られる。この修正値を用いて貯水池操作を行うものとする。

5. 実流域でのシミュレーション 本研究では、仮定した流域において、1月から12月の1年間についてシミュレーションを行った。図1に短期操作結果を、図2～3に長期操作結果を示す。

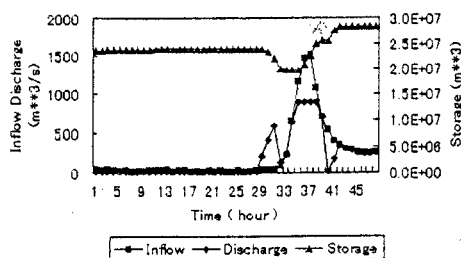


図1 短期操作結果

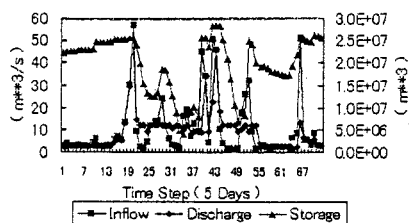


図2 長期操作結果(修正前)

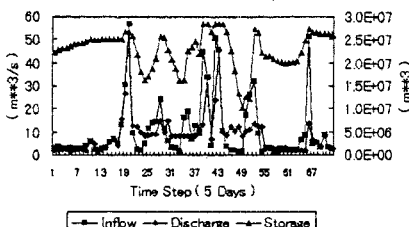


図3 信頼度を考慮した場合の長期操作結果

これらの結果から、短期操作については予定通りに行えていることが分かる。長期操作については、今回ファジィベイズの定理を用いた場合には予測値があまり改善されず、操作としても修正前と似た結果となった。一方、信頼度を考慮した場合には全体的に高い水位を維持できていることが窺えるが、節水率は厳しい評価となってしまった。この原因としては、今回用いた予報データの予測誤差が大きかったため、予測流入量をかなり低く見積もる結果となってしまったことが考えられる。これらの手法については将来改善の余地があると思われる。また、短期操作と長期操作の切り替えはスムーズに行われ、操作の連続性が確認できた。

6. 結語 本研究では、従来別々に行われてきた短期操作と長期操作を統一し、また、長期操作ではファジィベイズの定理や予測精度の考慮により、実管理に合った操作手順を検討した。今後は予測精度の向上、台風以外の洪水への対処、知識獲得過程、ユーザーインターフェイス機能の導入などに取り組んでいく予定である。

参考文献

- (1) 小尻利治, 他: 気象予報と流況パターン予測を考慮した貯水池の低水操作, 土木学会中部支部研究発表会講演概論集, pp137-138, 1992
- (2) 花谷慎太郎: 洪水予測精度を考慮した知識獲得型貯水池操作支援システムに関する研究, 京都大学修士論文, 2001