

## ファジィ推論を導入した協調問題解決型洪水制御支援環境の設計

京都大学工学部 正 員 高 棹 琢馬・椎葉 充晴・堀 智晴  
 NTT 正 員○佐々木秀紀  
 京都大学大学院 学生員 高 木 悟

**1. 緒言** 現行の洪水制御のためのダム操作は、各ダムについて定められた操作規則にもとづいて行われている。このときダム操作規則に含まれる表現の曖昧さは、そのまま河川管理者個人の資質・経験にもとづいた判断に委ねられるため、洪水時の管理者の負担は非常に大きく、ヒューマンエラーの発生する危険性は無視できない。このような現状を打開するために、本研究では、協調問題解決型洪水制御支援環境を設計する。この支援環境は、ダム操作規則にもとづいた知識のうち、確定的な知識はクリスプ推論を行うプロダクションシステム(PS)で取り扱い、曖昧な知識はファジィ推論システム(FIS)で取り扱うという構成をとっている。また、知識をさらに分類して、複数のPSとFISからなる推論システムを構築する。本研究で用いた「協調」という言葉には、これら複数の知識システム(KS)が互いに通信して推論を進めるという意味と、KSと従来型の手続き型情報処理システムが情報を交換しながら推論を進めるという2つの意味がある。

**2. 協調問題解決型洪水制御支援環境の設計** 本研究で開発したシステムの全体構成をFig. 1に示す。推論がどのように行われるかについては昨年の概要集を参照されたい。

**2.1 推論システム** 洪水の制御は多種多様なタイプの情報の処理単位から構成され、各单位における情報の処理活動やその結果が有機的に絡み合って最終的な制御に対する意志決定や活動が行われている。また、これら洪水制御の際に処理すべき情報は今後増加することが考えられる。したがって、問題の複雑化および大規模化に応じて、支援能力の成長するシステムを設計しなければならない。このためには、洪水制御問題を情報の処理単位に分割して、各部分問題を単独で処理することのできるKSを作成し、これらKSの集団が協調して問題解決に当たるといった枠組みを考える必要がある。本研究では、Fig. 2に示すような8つのKSと共有データベースからなる推論システムを構成した(Fig. 2は天ヶ瀬ダムの管理を例にして示している)。そのうちの1つである流入量が最大に達したかどうか判断するFISを例に挙げて説明する。このFISの前件部変数には、流入量予測モデルの精度に関する評価・予測流入量を用いた指標・1つの洪水における観測最大流入量からの経過時間・過去3時間の流域総

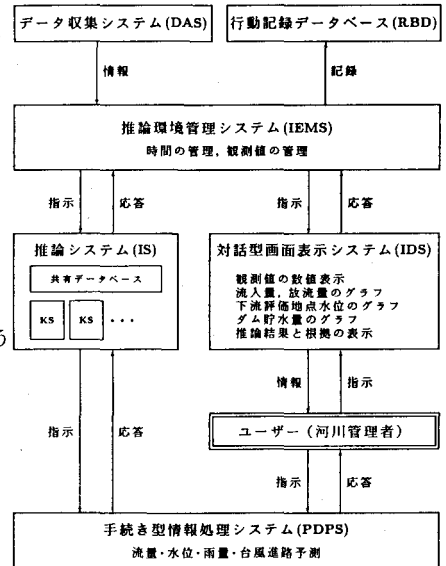


Fig. 1 システムの全体構成

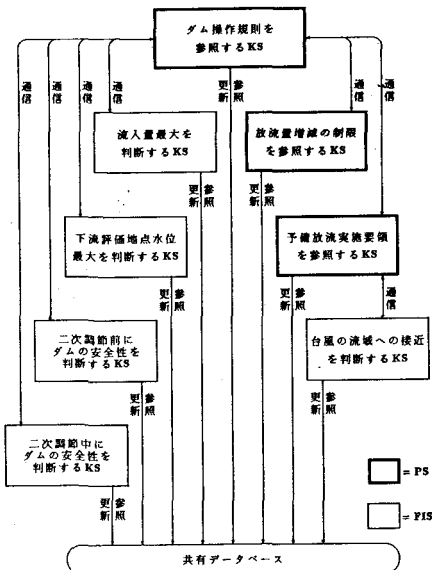


Fig. 2 推論システムの構成

Takuma TAKASAO, Michiharu SHIIBA, Tomoharu HORI, Hideki SASAKI, Satoru TAKAGI

雨量の変動を用い、後件部変数には、流入量が最大に達した確からしさ(0.0~1.0)を用いた。本研究で開発した推論システムにおいては、曖昧な知識にもとづく判断をすべてFISにまかせ、PSの知識ベースには確定的な知識のみを持たせることとした。

## 2.2 対話型画面表示システム 知識工学においては、

効率的かつ人間的な親しみやすいユーザーインタフェースをどう実現するかということが大きな課題として認識されている<sup>1)</sup>。本研究では、流入量の実測値・予測値および放流量のグラフ、下流評価地点の水位のグラフ、ダム貯水量のグラフ、得られたデータの数値を同時に表示する画面表示システムを構成した(Fig. 3)。さらに、情報の理解が容易になるよう各グラフには、ダムの有効貯水量や下流評価地点の警戒水位といったクリティカルな値と現在時刻を示す線も同時に表示することにしている。また、ユーザーの意志を操作結果に反映させられるように、支援環境が提示した放流量と異なる放流量を採用したり、要求に応じて推論の過程を示して推論結果の根拠を明示することを可能にしている。さらに、知識ベースを効率的かつ容易に計算機上に構築できることが実河川管理現場への導入につながると考え、河川管理者の知識獲得のためのエディタも装備し、知識ベースの構築を一部自動化している。

**3. 適用** 本研究で設計した支援環境を、淀川流域宇治川に位置する天ヶ瀬ダムの管理に適用する。適用洪水は、近年の大きな洪水のうちで、洪水制御が適切に行われ流域の被害を防ぐことのできた<sup>2)</sup>、1982年の10号台風(T8210)によるものである。支援環境が推薦する通りに放流したときの適用結果の1つをFig. 4に示す。Fig. 4は、本研究で設計した洪水制御支援環境が、現在、洪水制御のために操作されるダムの中で最も複雑な操作方式を持つものの1つである天ヶ瀬ダムの制御、それもT8210というかなり緊迫した状況をもたらした洪水の制御において、最適とは言えなくても、見劣りのしない操作を行い得ることを示している。本研究は、天ヶ瀬ダムの制御を目的として支援環境を設計したのではなく、支援環境による制御の一例として天ヶ瀬ダムを最初に選んだのであって、今後は他のダム、他の洪水にも適用していくことが必要である。また、ファジィ理論は個人の主観を問題とする理論であり、普遍的な法則性を発見しようとする意図はない。よってファジィ理論を用いたダム制御において、制御結果を実績操作記録に近付けることだけを目的としてメンバシップ関数やルールを変更することは全く無意味である。

**4. 結語** 本研究では、複数の独立したKSを計算機上に作成し、これらが相互に通信し、従来の手続き型情報処理システムとも情報を交換して協調的に推論を行い、意志決定者に情報を提供する環境を設計した。この様に「協調」関係を取り入れた設計としたことにより、システムの知識を発展させ易く、実河川管理現場への導入にも適したものとなった。

なお、我々はソースプログラムを公開することを原則としている。京都大学工学部土木工学科水工計画学研究室(075-753-5096)まで連絡して頂ければソフトウェアの見学・移植等の相談に応じる用意がある。

【参考文献】1)寺野寿朗・浅居喜代治・菅野道夫:ファジィシステム入門,オーム社,1987. 2)高棹琢馬・永末博幸:淀川水系における洪水の予知・予報と今後の展望について,第19回自然科学情報シンポジウム,1982

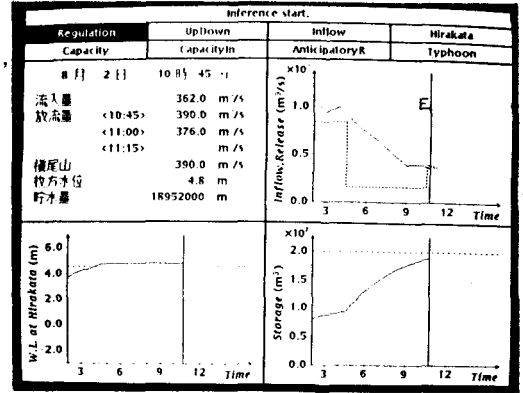


Fig. 3 対話型画面表示システムによる表示例

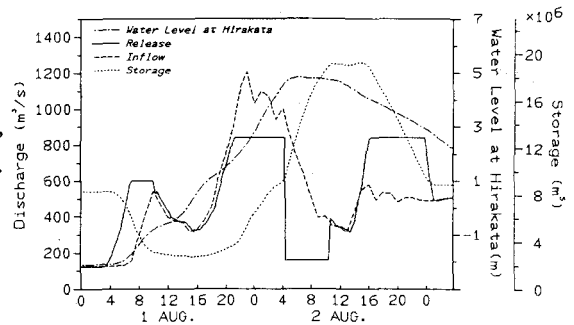


Fig. 4 制御結果の一例