

II-114 協調問題解決型洪水制御支援環境へのファジィ推論の導入

京都大学工学部 正 員 堀 智晴・高棹琢馬・椎葉充晴
 NTT 正 員 佐々木秀紀
 京都大学大学院 学生員 高木 悟

1. 緒言 筆者らは、洪水制御における意志決定を総合的に支援し貯水池操作の信頼性を高めるため、協調問題解決型洪水制御支援環境の開発を進めてきた。本環境は、降雨・流量の確率予測のように定量的情報を数学的アルゴリズムに基づいて処理する手続き型知識システムと、ダム操作規則のように言語形式で表される知識や河川管理者の経験といった定性的な知識に基づく処理を行う推論システムとの両者が、オンラインで結合され、互いに情報の交換を行いながら総合的な洪水制御支援を行うものである。推論システムは、それぞれ推論エンジン・データベース・知識ベースを持ち洪水制御に関する部分問題を担当する知識システムの集団から成り、これら知識システム内部での推論と知識システム間の情報交換を通じて全体的な推論を進める構造となっている。本報では、推論システムを構成する知識システムに、曖昧な知識を取り扱うべくファジィ推論システム(FIS)を導入し、確定的な知識を扱うプロダクションシステム(PS)と協調させることで、推論システムの性能を高める試みについて報告する。なお、協調問題解決型洪水制御支援環境の全体構成については、文献1)を参照されたい。

2. 推論システムの設計

2.1 推論システムの全体構成 本洪水制御支援環境が備えている推論システムは、洪水制御問題を複数の情報処理単位に分割し、各部分問題を単独で処理しうる知識システムを作成し、これら知識システムが協調しあって、与えられた問題を解決するというものである。複数の知識システムを同時に計算機上に発生

させ通信させるために、オブジェクト指向のプログラミング手法を用いている。推論システムの構成例を図1に示す（図1は天ヶ瀬ダムの管理を例に設計したものである）。各知識システムはそれぞれ枠内に示された問題を扱うための知識ベースをもち、単独で推論を進めるほか、推論の途中で他の知識システムによる推論が必要になれば、担当する知識システムに推論を依頼し結果を受け取って更に推論を進める。このように、河川管理の現場で行われているダム操作決定のための様々な情報処理を支援するシステムを、複数の知識システムの協調を軸として設計することにより、新たな知識の追加あるいは変更が必要になった場合でも、該当する知識システムのみバージョンアップや知識システムの追加を主に考えるだけでよく比較的容易に推論システム全体のレベルアップを図ることができる。

2.2 ファジィ推論システムの導入 図1に示す8つの知識システムの内、流入量最大、下流地点水位の最大、ダムの安全性（空き容量の過不足）、台風の接近に関する判断を支援する知識システムをファジィ推論システムとした。これらの判断はいずれもダム操

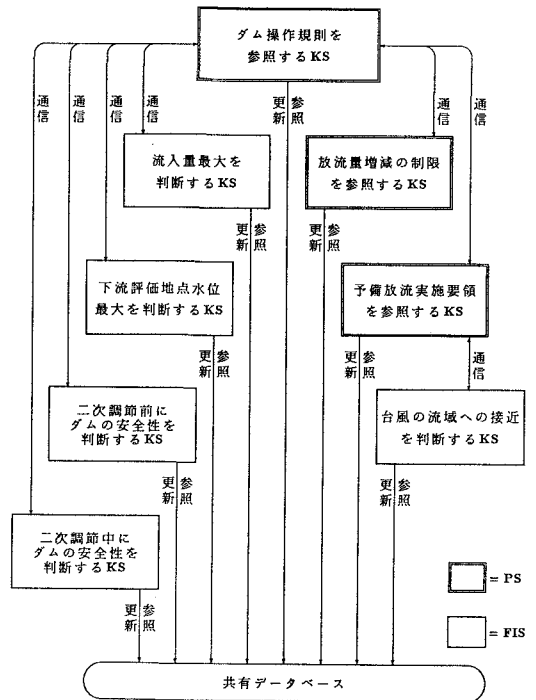


図1 推論システムの全体構成

作規則が実務者に要求するものであり、実際の操作では実務者が雨量や流量の予測値をもとに、経験や各自の知識を加味した判断を行っている部分である。もちろん、流量予測システムとして流入量のピーク時刻の確率分布を与える形式のもの²⁾が手元にあれば、その分布をもとに判断を下せばよいから、ファジィ推論システムはプロダクションシステムに近い構造で良くなる。従って、ファジィ推論システムの知識ベースは、流出予測システムの性能に応じた知識構成となっていることが望ましい。この点に注意し、以下ダム流入量の最大時期の判断を支援する知識システムを例にとり本環境のファジィ推論システムの概要を説明する。

流入量最大を判断する知識システムは、入力変数として予測モデルの精度に関する評価(x_1)、予測流入量を用いた指標(x_2)、1つの洪水における観測最大流入量からの経過時間(x_3)、過去3時間の流域総雨量(x_4)を、後件部変数として、流入量ピークが過ぎたと考えられる度合($y_1, -1 \leq y_1 \leq 1$ で1に近いほど流入量ピークが過ぎたと考える度合が高い)を用い、ルールを次の形式で表す。

$$\text{if } (x_1 \text{ is } A_{1j}) \& (x_2 \text{ is } A_{2j}) \& (x_3 \text{ is } A_{3k}) \& (x_4 \text{ is } A_{4l}) \text{ then } (y_1 \text{ is } B_m) \quad (1)$$

$A_{1j} \sim A_{4l}, B_m$ はそれぞれ各指標を台集合とするファジィ集合である。本ルールは、予測モデルの精度に関する評価が高いときには、予測モデルから得られた情報(x_2)に重きをおいた判断になり、予測モデルの信頼性が低くなるに従い、他の要因(x_3, x_4)を加味した判断になるという考え方をモデル化したものである。実際の判断規則の $A_{1j} \sim A_{4l}, B_m$ の組合せは実務者の判断の仕方によるが、本研究では、入力変数に対する重みを入力すれば、自動的に(1)の形の推論規則を作成するシステムを知識獲得の補助機構として用意した。

2.3 ファジィ推論システムとプロダクションシステムの協調 2.2で設計したファジィ推論システム(FIS)は、すべて確信度を持つデータを返す。例えば、流入量最大の判断をする知識システムの場合、その出力は、流入量ピークは既に過ぎた(確信度0.8)、ピークはまだ過ぎていない(確信度0.2)といった形式である。従って、この結論を受け取ったプロダクションシステム(PS)は、相反する2つのデータに基づいて推論を行わなければならない。そこで、PSは各データに対し各々別の推論プロセスを作成し、前者のデータに基づく結論と後者に基づく結論の両方を導き、各結論に基となるデータの持っていた確信度を結論に与える。もし、ルールの条件部が2つ以上あり、これに適合するデータが確信度を持つものである場合には、結論は、適合するデータの確信度の積とする。以上の方法で、確信度付きのデータを扱えるようにすることにより、PSとFISの通信・協調が可能になる。

3. 洪水制御支援環境の運用例 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1982年の10号台風によるものである。洪水の全期間を通じての操作結果を図2に示す。天ヶ瀬ダムの洪水調節操作は予備放流、一次調節、二次調節、洪水後の操作の4段階からなるが、各段階の操作を妥当に行っていることがうかがえる。

4. 結語 本研究では、従来、筆者らが提案してきた協調問題解決型洪水制御支援環境にファジィ推論システムを導入し、性能の向上を図った。今後、複数ダムの操作の支援等について検討したい。

【参考文献】1)高棹・椎葉・堀: 協調問題解決型洪水制御支援環境の設計, 水工学論文集第34巻, 1990. 2)高棹・椎葉・劉・上林: 降雨流出の実時間予測情報の形式について, 水工学論文集第34巻, 1990. 3)寺野・浅居・菅野: ファジィシステム入門, オーム社, 1987.

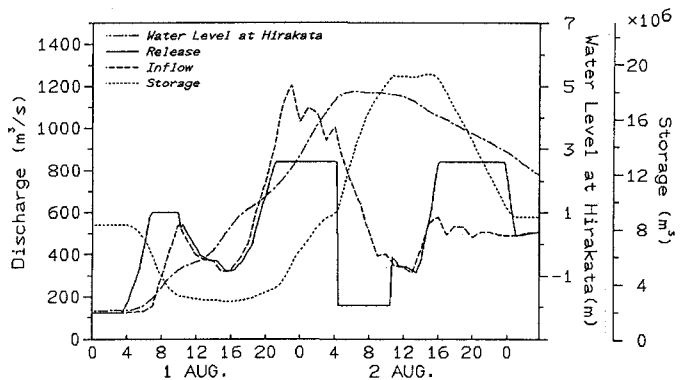


図2 適用結果の1例