

## II-227

## ダム操作支援における知識獲得と知識ベース設計手法に関する一考察

京都大学大学院 学生員 上野山智也・久木田淳

京都大学工学部 正会員 高棹琢馬・椎葉充晴・堀 智晴

**1. 目的** 現在提案されている洪水制御支援知識ベースシステムを知識構成および獲得という観点から概観し、現在の知識獲得の問題点と今後ダム操作支援知識ベースシステムが実用化されていくための満たすべき条件を明示し、その条件を満たす進化型知識ベース構成法を提案する。この考え方を洪水ピーク判定のための知識ベースシステムの設計に応用する第一歩として、実務者レベルの知識構成を行う。

**2. 洪水制御支援のための知識の構成と獲得方法** 現在提案されているダム操作支援知識ベースシステムを知識の獲得方法という観点から概観してみると、最適放流量や水文現象の数値モデルを基本とするタイプとダム操作実務者へのインタビューを基本とするタイプに大別できる。後者は知識そのものをダイレクトに実務者へのインタビューから作成するタイプと、実務者が判断過程で重要視している項目をインタビューから決定するタイプに分けることができる。インタビュー等により実務者から知識を獲得する方法は現在知識ベースシステム作成において最も広く用いられているが、同時に問題もある。この問題は2つの側面から構成されている。第1の側面は、現時点でダム操作における実務者の経験がエキスパートといえるほど十分かどうかということである。第2の側面は、洪水事象の観測技術の進歩、それに基づく降雨・雨量の予測技術の進歩を考慮に入れずに知識を獲得して良いのかどうかということである。以上のことを考えてみると、ダム操作支援システムが実用的なシステムで洪水制御の信頼性を高めるには、(1)現時点での実務者の知識を格納しているだけではなく、新しい技術やシステムを利用するための知識を提供できること、(2)知識を構成するロジックが理解し易いものであること、(3)各ダムに定められている操作規則の遵守を保証する知識構成であること、といった条件を備えている必要がある。この条件を満足させるように、高棹らの提案した協調問題解決型推論システム<sup>1)</sup>を拡張し、操作規則が要求する判断項目を支援する推論単位を、1つの知識システムから、判断材料として利用すべきデータを直接扱う複数の下位知識システム群とそれらを統括するメタ知識システムに分割した図1のような進化型推論システム構成を提案する。高棹らのシステムは図1中のレベル0にあたり、推論ルールの条件部に観測データに関する項目と予測情報が混在している。レベル1において、最も単純な判断方法として観測データのみから判断する知識システムの集合を考え、雨量や流量について判断根拠になる情報の種類に応じて複数の知識システムを考える。例えばダム流入量ピーク判断という項目に対しては、観測雨量をもとに判断する知識システムや観測流入量をもとにする知識システムなどが考えられるが、これらの知識システムが異なるデータをもとに同一の判断項目について異なる出力を出し、メタ知識システムによって最終的な結論を出すことになる。レベル2においては、利用可能となった予測情報を判断根拠とする知識システムを、レベル1の拡張として扱えるようにするために、下位の知識システム群と並列に配し、メタ知識システムを更新するという内容となる。

**3. 流入量ピーク判定のための知識ベース設計** 2.で提案した進化型推論システム構成法を適用することを念頭におき、その第一段階として、実務者レベル（レベル1）に対応する知識ベースを天ヶ瀬ダムにおける過去の洪水データをもとに構築する。とくに降雨・流量など観測情報から予測情報まで

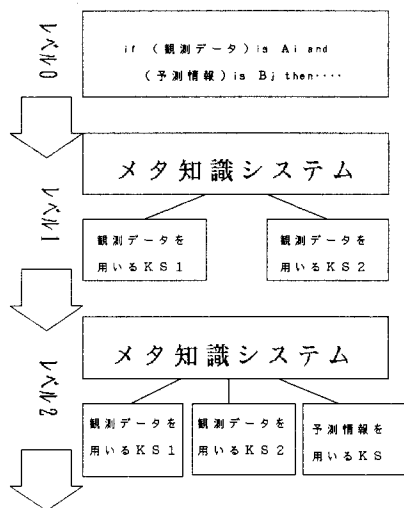


図1 進化型知識ベースシステム

を含む様々なレベルの情報を扱う必要がある流入量ピーク判定の知識をファジィ推論ルールを用いて構成する。実務者が流入量ピーク判定の際重視している情報として(a)流入量ハイドログラフの形状(b)流域降雨量の状況を挙げ、(a)のみで流入量ピークを判定する知識システムと(b)のみで流入量ピークを判定する知識システムを構築する。(a)、(b)それぞれについて過去のデータを分析し、流入量ピークを判定できる項目がないか調べ抽出する。例えば、(b)における項目には・降雨量の減少の割合・最大流入量に対する降雨量の遞減が挙げられ、この項目を台集合  $x_1, x_2$  とし、これをファジィ集合  $C_{1i} (i=1, 2, \dots), C_{2k} (k=1, 2, \dots)$  に分類し前件部とする。また、流入量ピーク生起時刻を過ぎたという事象の確からしさを台集合  $y$  とし、ファジィ集合  $D_1 (i=1, 2, \dots)$  で表現し後件部とする。以上のファジィ集合を用いて、知識ベースのルールを

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } C_{1i}) \text{ and } (x_2 \text{ is } C_{2k}) \text{ THEN } (y \text{ is } D_1)$$

という形式で表現する。出力  $y$  は、流入量ピーク生起時刻を過ぎたかという事象に対する確信度（0～1）である。(a)についても同様にルールを作成する。

**4. 適用と考察** 3. で設計した知識ベースシステムを天ヶ瀬ダムにおけるt6524に適用した。例としてT6524における結果を示した図2、3、4を挙げる。図2は上記の(a)の情報のみを用いる知識システムの出力確信度である。この場合の出力確信度は、流入量がピークに達した時点で0.5程度となり、以後時間がたつにつれて上昇していくという結果になった。また図3は(b)の情報のみを用いる知識システムの出力確信度である。(b)の情報のみから流入量ピークを判定した場合は、流入量がピークに達した時点で0.7程度と比較的高い確信度を示したが、流入量がピークに達する以前にも高い値を示し、降雨の変動に対して敏感に反応するという結果になった。このことより、(b)のみから流入量ピークを判定する知識システムは、流入量がピークに達した時点での確信度を上げるようにするだけの補完的な役割をするのに適していると考えられる。そこで(a)(b)両者の出力を調整するメタ知識システムに、降雨がないときは(a)の情報を用いるシステムと(b)のシステムの出力値を4:1にするというルールを与えた。この結果図4のようにハイドログラフから流入量ピークを判定したときに比べ流入量ピークに達した時点の確信度を上げることができた。また(b)の情報のみから流入量ピークを判定したときに比べ流入量ピークに達する以前の確信度の上昇をおさえることができ、流入量ピーク生起時刻の判断の精度を向上させることができた。

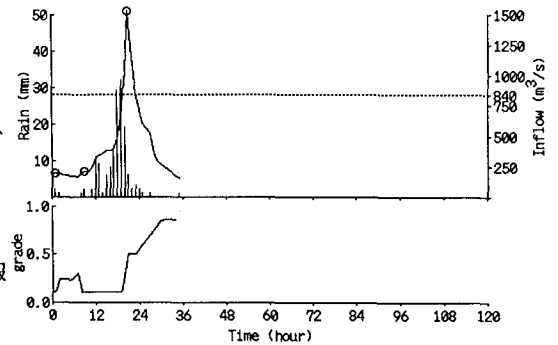


図2 ハイドログラフの形状のみから流入量ピークを判定

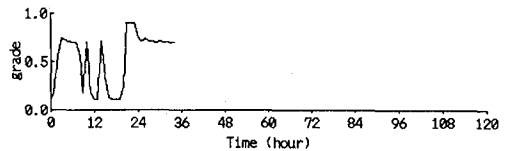


図3 流域降雨量の状況のみから流入量ピークを判定

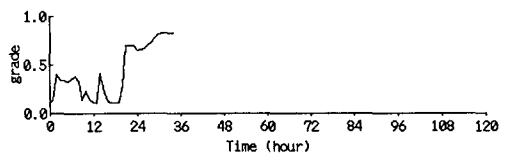


図4 4:1の重み付けをした確信度の時間変化

**5. 結論** 本研究では、洪水制御支援における知識獲得の種々の問題が、ダムによる洪水制御における固有の問題に起因することを示し、その上でダム操作支援システムが実用的になるための進化型知識ベース構成法を提案した。さらにこの手法を適用する第一段階として、実務者レベルに対応する流入量ピークを判定するための知識を構成した。今後この知識構成法を用いて、洪水ピーク判定に用いることのできる予測情報レベルに応じた推論システムを設計する予定である。  
 <参考文献>1)高棹・椎葉・堀・佐々木：協調問題解決型洪水制御支援環境の設計，土木学会水工学論文集第34巻，1990。