

京都大学工学研究科 正 員 ○堀 智晴
 京都大学工学部 学生員 奥村 貴敏
 京都大学工学研究科 正 員 椎葉 充晴

1. はじめに

発電用ダム貯水池は、洪水調節のための容量を持たないことが多く、洪水時には、予備放流による水位低下操作とその後貯水池水位を一定に保つ定水位操作が行われる。これらの操作は、ダム高機能操作卓等の表示する情報を基に、ダムに専属する操作員によって行われており、洪水調節用のダムに比べその知識や経験に依存する要素が多いといわれている。しかし、操作の基本となる流入量情報などに不確実性が多いため、操作の困難さを指摘する声も多い。そこで、本研究では、発電用ダム貯水池を支援するシステムを作成することを目的とし、操作支援に必要な知識構成を明らかにした上で、操作規則に基づく推論を行うサブシステムを設計する。

2. 発電用ダム操作に必要な知識構成

筆者らは、主として治水用ダムを対象として、操作に必要な知識群を、操作規則類と、操作規則適用にあたって実務者が判断しなければならない項目を支援する知識とに分類し、各々の判断項目を担当する独立した知識システム群が協調することで推論を進める方式について検討を進めてきた¹⁾。また、例えば「流入量ピークを過ぎたか」といった判断項目に対して、実務者の経験に対応するレベルの知識と複数の流量予測モデルに基づく知識を並列させ、それぞれの推論結果を各知識の信頼性に応じて統合するメタ知識システムをおく多段階知識ベース構成法を提案している²⁾。

ここでは、関西電力読書ダムを対象に上記アプローチをとる際に必要な知識構成を検討した。その結果、図-1 に示すように、操作規則に基づく推論を行うシステムのほか、洪水が発生する恐れの有無及

び大小に関する判断、下流水位の急激な変動に関する判断、洪水時・警戒時に貯水位が予備放流水位を下回っている際に、貯留するか放流するか判断、流入量が最大に達したかどうかの判断、に関する5つの知識システムが必要であることが分った。

3. 操作規則参照用推論エンジンの開発

ダム操作規則類を参照する知識システムには、シンボリックな推論を行うプロダクションシステムが適している³⁾⁴⁾。筆者らは、従来、ダム操作規則に特有な表現をサポートする推論エンジンをLispを主体としたGenera環境上に構築してきた⁵⁾。しかし、処理速度が遅い、使用にあたって特殊な環境が必要になるといった問題があった。近年、貯水池操作支援のための理論が進み、研究レベルで開発されたプロトタイプが現場で容易に試用されることが必要になっており、よく普及しているパソコン上で動作するシステムが望まれている。そこで、本研究では、C++を用いて筆者らが開発してきた推論エンジンを再構築する。

(1) 操作規則表現に必要なデータ構造

ダム操作規則のプロダクションルール化には、記号を主体としたリスト構造が必要である。リスト構造とは、(status is flood-warning)といった表現で表されるデータの列のことであり、この場合、status, is, flood-warningといった3つの記号が一方方向に連なったデータ構造を表している。ダム操作規則を表現する場合、上のリストは、「洪水警報が発令されているとき」といった一つの条件を表すことになる。

本研究では、上記のリスト構造を表現するために、SimpleLink、Cell、SimpleList、PsAtom、PsList

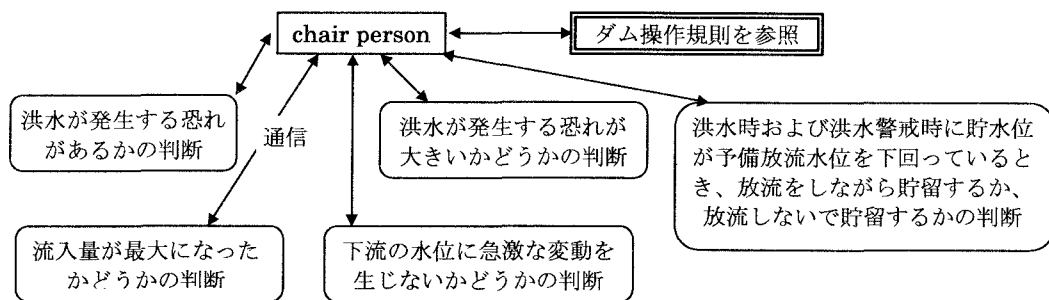


図 1 読書ダムを対象とした知識システム構成

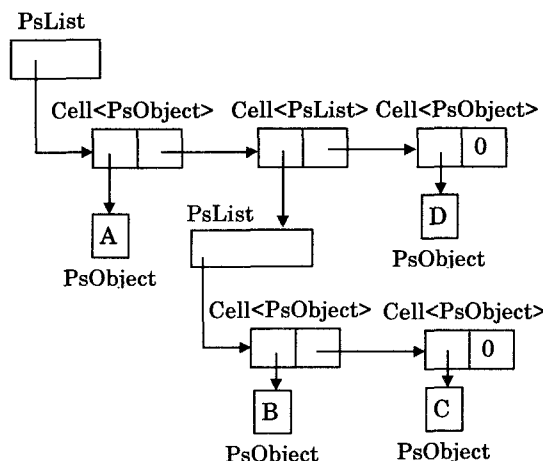


図 2 リスト (A B C D) の実現

という5つのクラスを定義した。クラス SimpleLink は、リスト構造を表現する基本となる単位を表すもので、次の SimpleLink のオブジェクトを指すポインタを持つ。クラス Cell はクラス SimpleLink の派生クラスで、SimpleLink の定義に加えて、リスト内部に格納されるオブジェクトに対するポインタを持つ。リスト内部に格納されるオブジェクトは、数値であったり文字列であったりするように、データ型を一つに定めることができないので、クラステンプレート機能を用いて、Cell のインスタンスを生成する際に格納すべきオブジェクトの型を指定できるようにしている。そして、一連の Cell の先頭をさすポインタを持つものとしてクラス SimpleList を定義した。この SimpleList がリスト構造を表す基本となるクラスということになる。

さて、上記クラス SimpleList は、あらゆるオブジェクトを格納することができるリスト構造を実現しているが、これだけでは、プロダクションルールの実現には無理がある。例えば、推論時に、リストに格納されている数値データを用いた演算が必要になる場合があるが、上記のリスト構造では、格納されているオブジェクトのデータ型を後で知ることが難しい。ところで、推論に用いられるデータの要素は通常、数値と記号との2種類であることがほとんどである。そこで本研究では、この二者を型情報を含めて表現するため、クラス PsObject を作成している。PsObject は、実際のデータを文字列として持つとともに、それが整数・小数・記号のいずれであるかという情報を持つクラスである。このクラスには、数値情報を表している場合には、四則演算や大小比較を行うための演算子を、また、記号を表しているときには、一致するか否かを判定するための演算子を定義している。したがって、リストに格納するデータをこのクラスのオブジェクトに限定すれば、その要素間の演算が可能になる。ここでは、さらに、格納データを PsObject のインスタンスに限定した

クラス PsList をクラス SimpleList の派生クラスとして定義し、このデータ構造を元にプロダクションシステムの推論エンジンを設計することにする。

(2) 推論エンジンの設計

プロダクションシステムは、if-then 形式で表現されたルールを基に、条件部の記号群が事実を表す記号群と一致するかどうかをチェックし、一致したルールの結論部を元の事実を表すデータとおきかえることによって推論を進める方式である。本研究では、この推論を実現するため、PURE-PRODUCTION-RULE、RULE-BASE、WORKING-MEMORY、PRODUCTION-SYSTEM の4つクラスを作成している。

PURE-PRODUCTION-RULE は1つのプロダクションルールを表すクラスで、ルール名、条件部、実行部を管理し、プロダクションルールの条件部が事実情報と適合しているかどうかを調べる機能を持つ。条件部および結論部は、前項で作成したリスト構造を用いて表現することになっている。また、単なる記号一致だけでなく、より強力なルール記述能力を持たせるため、ルール条件部に変数を記述し、条件のマッチングの際に得たデータを、他の条件や結論部で参照することができる機能、条件部や結論部からユーザが定義したメンバ関数を呼び出す機能、複数のルールを and または or で結合する機能、を付加している。RULE-BASE は、プロダクションシステムのルールベースに相当するクラスで、個々のルールである PURE-PRODUCTION-RULE のインスタンスを格納し、ルールのうち与えられた事実情報に適合しているものを選び出す機能を持つ。また、このルールから呼び出される関数を管理するのもこのクラスである。WORKING-MEMORY は、事実情報をリスト形式で管理するクラスであり、プロダクションシステムのデータベースに対応する。クラス PRODUCTION-SYSTEM は、RULE-BASE、WORKING-MEMORY のインスタンスを格納し、RULE-BASE のインスタンスから WorkingMemory の内容に適合しているルールを得て、WORKING-MEMORY のインスタンスに事実情報の更新を実行させる機能を持つ。

4. おわりに

本研究では、上記で開発した推論エンジンを用いて、読書ダムの操作規則のうち洪水時操作に関わる部分をプロダクションルール化し、操作モードに対応した結果を導けることを確認した。今後は、規則適用にあたって実務者が行わなければならない判断を支援する知識システムを設計していく予定である。

参考文献

- 1) 堀：京都大学学位論文、1993。
- 2) Takasao, Shiiba, Hori, Artificial Intelligence in Eng., Elsevier, 1994。
- 3) 高棹・椎葉・堀、京大防災研年報、1988。
- 4) 神田・井辻・上田、水文・水資源学会誌、1989。
- 5) 高棹・椎葉・堀・荒木：水工学論文集、1996。