

京都大学工学部 学生員 ○佐織辰也 京都大学大学院 正員 堀智晴
(株)ニュージェック 正員 岡明夫 京都大学大学院 正員 椎葉充晴

1 はじめに 発電用ダムは洪水調節容量を持たないことが多く、洪水時のゲート操作は、特に信頼性を問われる。また、それに伴って、ゲート操作時に実務者にかかる負担も大きい。以上のような観点から、発電用ダム貯水池の洪水時の管理を支援するシステムの開発が進められてきた。

しかしながら、現在までに開発されてきたシステムが出力する支援情報と、実際に実務者が行った操作とは、異なった結果となることが多い。また、出水後の検討では、多くの場合、支援システムが導いた操作量よりも、実務者の決定のほうが正しかったことが指摘されている。このことは、現在利用可能なシステムが、実務者の持つ知識や経験を十分にに取り込めていないことを意味している。

奥村[?]は、こういった現状を改善すべく、電力ダムの洪水時操作支援方法に関する検討を行い、操作規程をルールとして持ち操作量を導く知識システムと、実務者から抽出した知識にもとずいて操作量を導く知識システムを互いに協調させることで、信頼性の高い支援情報を提供する構成を提案した。そして、操作規程をコンピュータ可読形式のルールに変換し、状況に応じたルールを高速に検索抽出するための推論エンジンを設計している。しかし、操作規定の内容だけで操作量を決定できないケースも多く、予備放流後、操作時間の大部分を占める定水位操作モードがこの典型的な例である。そこで、本研究では、主として電力ダムの洪水時定水位操作を支援する方法について検討することにした。

2 電力ダムの定水位操作とその支援方法 電力ダムの洪水時操作を支援するには、まず、電力ダムのゲート操作方式を定めた操作規則をルールベース化することが第一歩となる。しかしながら、操作規則には、操作方法が「流入量に相当する流量の流水を放流する」といった具合にしか記されていないものがあり、その記述だけでは操作量を決定することはできない。また、流入量が把握しづらいため、流入量

と放流量を同じにする操作では、定水位操作は行えない。こういった操作において実務者は、この操作規則によって求められる行動を観測データや予測データをもとに自らの知識と経験で実現している。したがって、洪水時のダム操作を支援するには、こうした知識や経験をルールの形で抽出していくことが必要である。

しかしながら、定水位操作においては、知識をルールの形で抽出することは困難であると考えられる。定水位操作の操作間隔はとても短く、操作員は多くのデータから操作量を瞬間的に判断して操作量を決定し、それを絶えず繰り返しているの、操作量を決定するにあたりどのような過程を経て判断を下したのかが、あとのインタビューや記録を見ても明確にならない。もちろん、操作員はある一定の方針の下で操作をしていると考えられるが、それは非常に多くの要素(貯水池の水位・水位変化量、上流地点の流量・雨量・前回の操作の結果など)が絡み合ったもので、操作員自身がルールや数式の形で表現することは困難である。

そこで、本研究では、実際に実務者の行った判断記録(放流量記録)から、ニューラルネットワークを用いて、貯水池の水位・水位変化量、上流地点の流量・雨量・前回の操作の結果と、決定放流量との関係をモデル化することを試みる。

3 ニューラルネットワークプログラムの作成

ニューラルネットワークは、既知の入出力データ(教師データ)をもとに、入出力間の特性を記述し、新しい入力に対する出力を推定する多次元非線形補間法の一つである。その構成は、多数のニューロンと呼ばれる素子が複雑に結合し、それぞれがシナプスを通して並列処理を行うものである。ニューロンでは、その特性をあらわす関数として微分可能な増加関数で閾値関数のようなふるまいをするシグモイド関数 $h(s) = 1/(1 + \exp(-s))$ を採用した。また、シナプスでは、その結合強度 w を乗ずることにより信号に重み

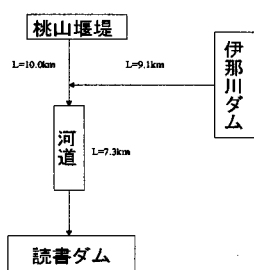


図1 対象流域

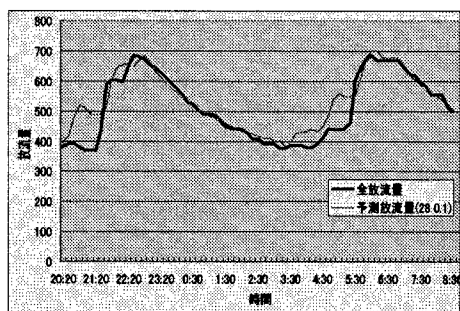


図2 実務者の放流量とニューラルネットによる予測放流量の比較の一例

付けをし、次のニューロンへ伝達させる。この結合強度を教師データにより最適化することで、入出力間の特性を学習させる。本研究では、ネットワークの複雑化をできるだけ抑えるために、3層を持つネットワークに限定して、プログラムを作成した。

4 読書ダムへの適用と考察 対象流域を図??のように定めた。

また、入力教師データとして、次の7種類のデータを採用した。1.放流量、2.目標水位と平均水位との偏差、3.瞬時水位と庭訓水位との偏差、4.桃山堰堤越流量、5.伊那川ダム放流量、6.読書雨量、7.阿那川雨量。これらは、実務者が操作するときに特に重要視するデータの種類の教わり、ついで、ダムのただ一箇所でのみ計測される水深で算出されるダム流入量を削除した結果である。また、出力教師データは、10分後の放流量とした。

読書ダムにおける洪水データを7つのうちの6つでネットワークの結合強度同定を行い、残る1つで、その適用性を計ることにした。教師データはネットワークの性質上0～1の範囲に納めなくてはならないので、データ1、4、5はそれぞれの設計洪水量で除し、残りは、データ最大値の1.5倍で除した。

結合強度同定には、現在時刻 t のみにしたものとその10分前 $t-10$ も合わせたものの2種類を用意し、ネットワーク内の中間層のニューロンの数が入力層のそれと同じものと2倍のものの2つを作った。さらに、ステップ幅を1.0、0.1、0.01と変化させて、12パターンの結合強度を同定した。

そして、同定した結合強度をネットワークに組み込み、残しておいた洪水データから前述の7種類のデータを入力し、ニューラルネットワークによる放流量を

計算した。その結果と実務者がその洪水で実際に行った操作による放流量を比べてみた。（一例として教師データ $(t), (t-10)$ 、中間層のニューロンの数28個、ステップ幅0.1の時の結果を図??に示す。）

実務者の放流量とニューラルネットによる予測放流量の全体的な増減傾向は一致している。また、放流量を減少させる部分においても実務者の放流量とある程度の一致が見られる。しかし、放流量を増加させる部分において大きな違いが見受けられた。

これらの原因としては、入力教師データとして選択したデータ群が適切ではなかったということが考えられる。例えば、水位を入力データとして採用しているが、何ステップ前までのデータを入力として与えるべきかということについて、十分に分析するには至らなかった。さらに、時系列データを対象として、ニューラルネットワークを用いる場合、今回のように、入力層に同一項目のデータの時間別の値を与えるような方法ではなく、時間遅れを有するネットワークなども提案されており、その適用も含めて検討する必要がある。

5 結語 今後、本研究で開発したシステムをもとに、入力項の選択やネットワークの構造決定にGAを導入して、より効率的に適切な入力を選択を行うシステムを開発するとともに、リカレント型ネットワークの導入や、同定したネットワークからその論理構造を推定する方法などを検討していく予定である。—

参考文献

- [1] 奥村貴敏：発電用ダムの洪水時操作支援に関する検討、土木学会関西支部、1999。