

II-115

ファジ理論を用いたダム制御に関する研究

秋 田 県 正会員 佐 藤 鉄也
宇都宮大学 正会員 長谷部 正彦

1. 目的

近年、治水及び利水上の立場でのダム放流の操作にファジ理論を応用したファジ制御を適用する研究が数多くなされてきつつある。ファジ推論法には、その推論の過程において種々の方法が提案されており、各推論法により性能は様々である。このように推論法が異なれば、自ずからダムの操作に影響することが考えられる。本論文では、多くの推論法の中からよく用いられている、いわば代表的な推論法を取り上げ、それらをダム制御システムに適用し、シミュレーションを行い、その結果について考察を行い、また、ダム制御システム自体の性能についても評価を行うことを目的とする

2. シミュレータの作成

シミュレータは既存のダム制御支援システムをベースとし、ダム操作内規・ダム管理者（オペレータ）からのヒアリング調査結果および過去の洪水データを分析することによりファジ制御規則を作成し、シミュレート用に作り替えたものである。

3. シミュレーションの方法

シミュレーションはあるA河川のBダムの出水時のデータを用いて行った。シミュレータのフローチャートを図1に示す。ここでファジ推論を用いるのは点線で囲った部分、すなわち操作内容の決定、上乗せ量及び貯水量の決定の3操作においてである。そのうち推論法を変えるのは、操作内容の決定、上乗せ量及び貯水量の決定においてである。操作内容はダム上流域の3時間累計降雨・ダム水位・流入量および流入変化量より推定し、上乗せ量はダム流入量・流入予測量より、貯水量はダム水位・流入変化量より推定する。

次にシミュレータに用いた4つの推論法について、その概要を示す。なお、各推論法概念図は図2、図3、図4に示した。

(1) 推論法1 (a)

この方法ではif $X_1=A_1$ and $X_2=A_2$ then $Y=B$ のような型の各制御規則の適合度を、前件部においてandで結ばれた各条件の適合度の最小値として求める。後件部においては、後件部のメンバーシップ関数を前件部で求めた適合度でカットし、それをその規則の推論結果とする。全体の推論結果は、各規則の推論結果を統合しその重心で与えられる。

(2) 推論法1 (b)

この方法では各制御規則の適合度を、前件部においてandで結ばれた各条件の適合度の積として求める。後件部においては、後件部のメンバーシップ関数をその適合度で高さ方向に縮小し、それをその規則の推論結果とする。全体の推論結果は、推論法1 (a)と同様である。

(3) 推論法2

この方法に用いるメンバーシップ関数は単調減少型または単

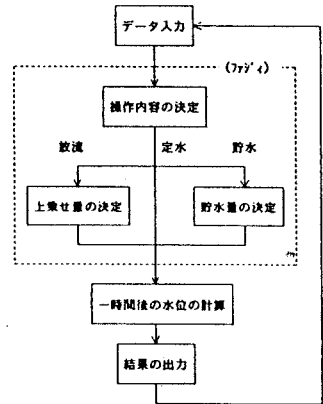


図1 シミュレータのフローチャート

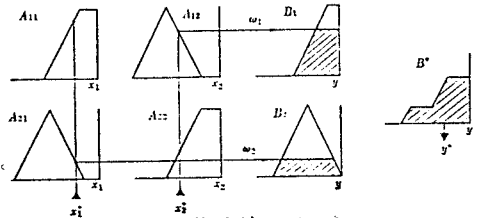


図2 推論法1 (a)

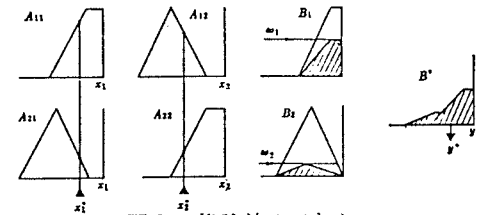


図3 推論法1 (b)

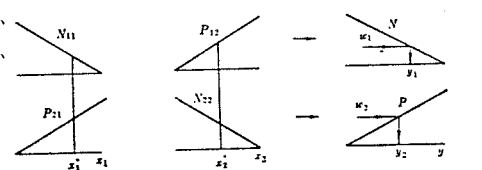


図4 推論法2

調増加型であり、各制御規則の適合度の求め方は推論法1(a)または推論法1(b)と同様である。後件部においては、前件部で求めた適合度に対応する出力値を後件部のメンバーシップ関数より求め、全体の推論結果を各規則の出力値に対応する適合度による重み付き平均で与える。ファジィ推論を行う上乗せ量及び貯水量の決定では、その推論過程を図5に示す様に画面に表示する。なお、操作内容の決定では、min-max法、代数積-加算法の推論法を用いた。

4. 結果と考察

いくつかの洪水データに対して、各推論法についてシミュレーションを行ったが、その結果をダム流入量-水位の相關図として表し、結果の比較に用いた。推論法1(b)を用いた結果の一例をオペレータの制御結果とともに図6に示す。

各推論法についてシミュレーション結果を比較したところ、結果に殆ど差がみられず、どれがオペレータの操作に合致しているのかは判断できなかった。そこで上乗せ量の算定過程において、洪水データ(ダム流入量・流入変化量)との入出力関係についての検討を試みた。それぞれの入出力関係について三次元の座標に示しグラフ化した。推論法1(b)および推論法2についての入出力関係をそれぞれ図7、図8に示す。これらの入出力関係に共通しているのは、四角形で囲まれた入力変数の領域の端部(図7:VS, MD, BG, VB/部分)に4つの平らな面があり、その4つの平面をなめらかな曲面が結んでいることである。この曲面こそがファジィ集合を用いるファジィ推論法の特徴ともいえる部分なのだが、この曲面が各推論法によりかなり異なっている。ファジィ制御は熟練者の思考判断に忠実な制御が可能だと言われているが、そのような観点から考えれば推論法1(b)のようななめらかな入出力関係が人間の判断思考に合っていると思われ、推論法1(b)が上乗せ量の推定に適していると考えられる。また、このダム制御システムの作成にあたり、シミュレーションにより、オペレータの操作に近づけるようダム制御規則やメンバーシップ関数の最適化をも試みたが、それだけではシステム自体の最適化に十分ではないことがわかった。それは、①オペレータは、降雨規模などが従来のパターンと異なる特別の場合はそれぞれ操作のパターンを変えて行っている。②気象情報をかなり重視して操作を行っている。ということが、明らかになり、現時点のシステムでは、①や②のような情報を取り込んでいないためである。このような情報をシステムに取り入ると、より有効であると考えられる。

参考文献

- (1) 菅野道夫; ファジィ制御、日刊工業新聞社
- (2) 水元雅晴; ファジィ制御に対する改善法1-4、第3-6回ファジィシステムシンポジウム、1987-1990
- (3) 水元雅晴; 最近のファジィ制御法、数理学、No 333、3月、1991

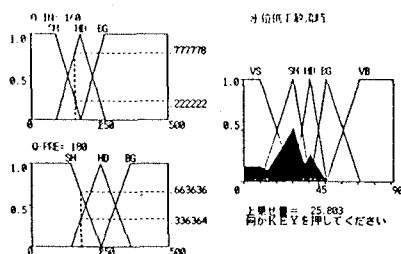


図5 上乗せ量の推論過程

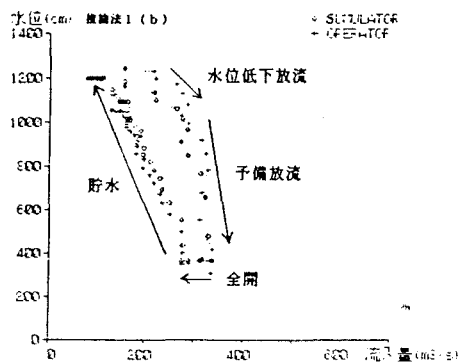


図6 流入量-水位の相關図

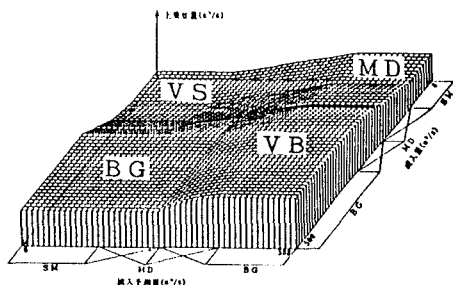


図7 入出力関係(推論法1(b))

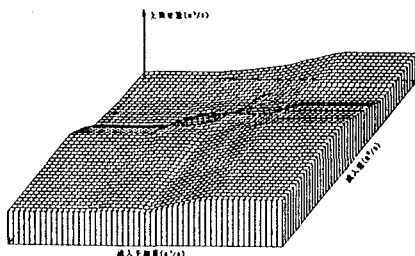


図8 入出力関係(推論法2)