

II-329

ファジ理論を用いたダム制御の最適化

宇都宮大学 学生員 長山 八州稔
宇都宮大学 正員 糸川 高德
宇都宮大学 正員 長谷部 正彦

1. はじめに

経済活動と生活水準の向上を背景とし、資源の確保と環境保全が望まれる中、ダムは全国に点在するようになった。しかし、人手不足の波はダムの普及と共に管理者（オペレーター）にも及び今後、操作管理の自動化が課題とされている。ダム操作は、降雨のパターンや地方の地形、地質を基に、操作の細かい所はオペレーターの堪に依存しているところが多く、制御の自動判断は、いくつかの情報を総括し、より人間の判断に近いといわれるファジを用いたものが研究されている。いまのところファジを用いたダム制御も、シミュレーションでは中小規模の洪水に対し、オペレーターに近い操作が可能となっているが、規模の大きい洪水などに対してはその有効性が検討されている。本論文では、昨年ダムファジ制御を推論法の面から検討したが、今回メンバーシップ関数の面から行い、さらに、規模の大きい洪水のデータを与え、その適合性を評価することを目的とする。

2. 方法

1) 操作内容の決定

ダム水位、流入量、流入変化量、流域降雨量の入力値をX1としてオペレーターのヒアリング、操作内規、データを基に作成したファジ規則とメンバーシップ関数に代入し各入力値に対する適合度を和積し、値が最も大きくなった操作を出力する方法を用いている。ここで、積一和推論法を使用したのは、各適合度の合成は昨年の研究から操作内容決定手法として各入力値に対する適合値の最大値を用いるMIN-MAX型推論法を用いた場合よりも、適合値の積を用いた積一和型推論法を用いるほうが操作がなめらかであるとされたためである。さて、ダムの操作パターンはファジ規則とメンバーシップ関数の設定により変化するが、今回その形状や規則設定のパターン化を試みることにした。

2) 操作量の決定

ファジ制御器は複数個のファジ制御規則の集合とファジ推論部から構成される。制御規則の前件部変数 X1, X2, はファジ制御器の入力、後件部変数 Yは出力と呼ばれる。ファジ推論部では、実際が入力が与えられたとき、適用可能な制御規則を用いてファジ推論を行うことより出力を計算する。ファジ制御による操作量は、ファジ規則とメンバーシップ関数を用いて、その適合度 W からファジ集合の合成を行い決定される。この過程は、色々な推論法がありそれぞれで異なるが、昨年の研究から積一和型推論法を用いるのが適当であるとされた。この推論法を、用いた計算順序は操作内容ごとに予め作成されたメンバーシップ関数のファジ集合 A11, A12, A21, A22, に制御のためのデータ（前件部変数）X1, X2, を当てはめ、それぞれの適合度 W を求める。

$$W = \text{MAX}[A_{11}(X) \wedge A_{12}(X)]$$

（式中の " $\wedge$ " は、 $\wedge = \text{MIN}$ でファジ集合の直積を定義する。）
制御規則によって与えられた B1, B2, のファジ集合は最大グレード 1 のピークのところを W に押し縮めたものになっている。この2つのファジ集合は合成されB0の関数を得る。しかし、制御ではファジ集合B0をダムの操作量として出力しても、指示が

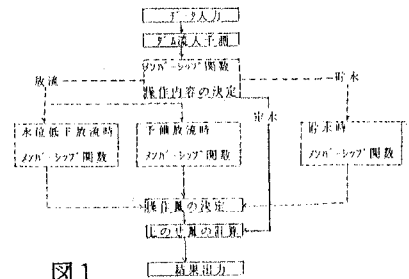


図1

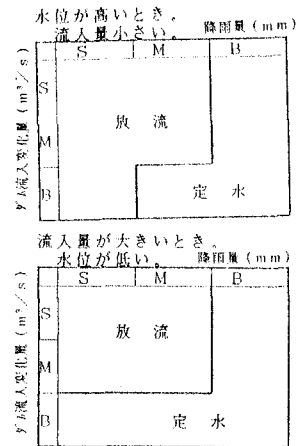


図2

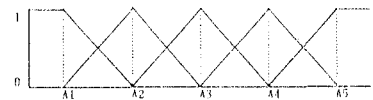


図3

曖昧で機械には理解できない。そこで、B0のファジ集合の重心座標（後見部変数）Y0を重み付き平均でもとめ操作量として出力する。

（図4）したがって、メンバーシップ関数のファジ集合の幅や境界値（図3のA1, A2, など）の設定を変えることで操作のパターンを変えられる。以上から、

- 1) メンバーシップ関数のファジ集合の幅や境界値を変えてみる。
- 2) 3つのファジ集合から成るA_{ij}の関数と4つのファジ集合からなるA_{ij}関数を用いた場合とで比較する。（図3）

3. 結果と考察

通常の洪水に適當だったメンバーシップ関数を用いた場合、水位は図5のようになった。貯水時での操作が適切でなく、ぎくしゃくしている。また、後続してくる洪水には定水操作がなされており反応を示さない。そこで、操作量の設定値を変えてシミュレートの結果、図6のようになった。はじめの規模の大きい洪水に対しては操作が適當だったが、後続の洪水に対しては反応を示さなかった。そこで、操作内容を図2の様な表を使い操作のファジ推論部を放流傾向の強いものに変え、操作量のファジ集合も3分割から4分割に細かくした。その結果、図7のように水位、放流量ともに滑らかに推移し、また後続の洪水に対しても反応を示すようになった。このように、ファジ推論やメンバーシップ関数を変えることで、操作内容、操作量が変わり洪水パターン別、利水-貯水別のシステムができる。また、ここでは評価の基準をオペレータに近い操作で行ったが、下流域の被害を考慮した基準に従えば、放流量をできるだけ抑え、かつ滑らかにしなければならぬ。シミュレートの結果ではいずれも放流開始からピークまで急激に変化し最大値も大きい。こうしたことを総合すると、今後は天候や降雨状況から早い時期に放流を開始できるような洪水予測システムを開発し予測規模別に操作システムを選択できるようにすることが課題である。

<<参考文献>>

- 佐藤、長谷部 ; ファジ理論を用いたダム制御に関する研究, 第46回年次講演会, (1991)
 水元 雅晴 ; ファジ制御に対する改善法1-4, 第3-6回ファジシステムシンポジウム,
 (1987-1990)
 菅野 道夫 ; ファジ制御, 日刊工業新聞社, (1988)

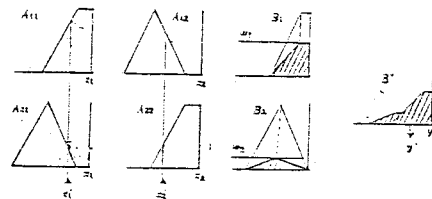


図4

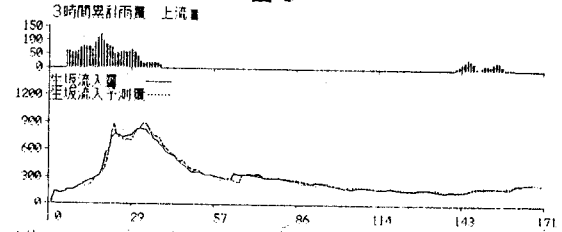


図5

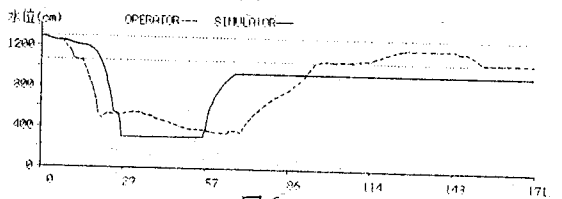


図6

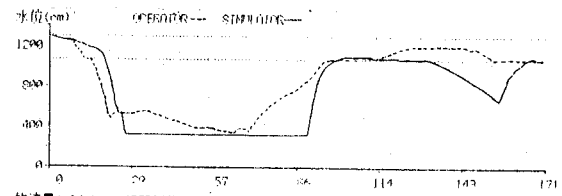


図7