

入力情報の曖昧性を考慮した 実時間貯水池操作

岐阜大学工学部 正会員 小尻 利治
岐阜大学工学部 学生員 梶間 繁樹
岐阜大学工学部 学生員○臼井謙一郎

1. はじめに

わが国においては、豪雨を伴う台風の襲来が多い上に流下時間が短いため、流出流量をせき止めて洪水を制御するダム貯留方式が有効な対策になる。しかし、洪水時における貯水池操作は流入量の予測、放流量の決定を短時間で行う必要があり、それらの判断は専門的な知識を有するダム管理者に委ねられている。本研究は、それらの洪水時の貯水池操作の判断を支援する実時間エキスパートシステムを確立するため、ファジィ理論を入力情報処理にも適用しその曖昧さをふまえた意志決定を検討するものである。

2. 台風位置の曖昧性の処理

台風情報が与えられた場合の位置の確信度としてファジィ理論のメンバーシップ値で与えられるものとする。図1のように、メンバーシップ値(以後MVとする)を小円内がMV=1、大円外がMV=0と設定すると、位置の曖昧性を表すメンバーシップ関数(以後MF1とする)は、円錐を頭切りした形となる。一方、代表台風経路に対する類似度をMVとする距離のMF2は図1の直線で表される。

2つのメンバーシップ関数MF1とMF2のファジィ和をとった合成メンバーシップ関数COMFは次のように求められる。この合成メンバーシップ関数の最大値が類似度となる。

$$\text{COMF} = \text{MF1} \wedge \text{MF2} \quad (1)$$

具体的には、図1における最小距離を $d(i, t)$ 、小円の半径を $ar1$ 、大円の半径を $ar0$ 、距離のMFの傾きを定める定数を $atyp$ とすると、時刻 t での台風情報に関する代表台風 i への類似度 $fTyp(i, t)$ は次のようになる。

$$fTyp(i, t) = (ar0 - d(i, t) + atyp) / (ar0 - ar1 + atyp) \quad (2)$$

3. 観測流入量、観測貯水量の曖昧性の処理

流入量は計画高水流量により図3のように5つのファジィ空間^[1]に分割される。一方、観測情報の曖昧性を示すメンバーシップ関数は図3の細い点線で示される。この2つのメンバーシップ関数のファジィ和、すなわち、合成したメンバーシップ関数は、50%に関するものが太い実線、75%に関するものが太い点線で示される形となる。具体的には、時刻 t での観測流入量 $QI(t)$ への類似度 $fQI(QI)$ は次のようになる。

$$fQI(QI) = (-|QI(t) - bQI| + aobs + aQI) / (aobs + aQI) \quad (3)$$

ここに、 $aobs$ は観測情報の曖昧性を示すメンバーシップ関数の傾きを表す定数、 aQI はファジィ空間のメンバーシップ関数の傾きを定める定数で、 bQI はファジィ空間で類似度が1となる値、つまりファジィスコップに対応する定数である。

観測貯水量 $S(t)$ への類似度 $fS(S)$ も同様の方法で算定する。

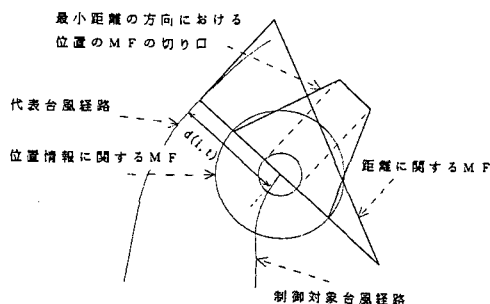


図1 位置の曖昧性を示すメンバーシップ関数

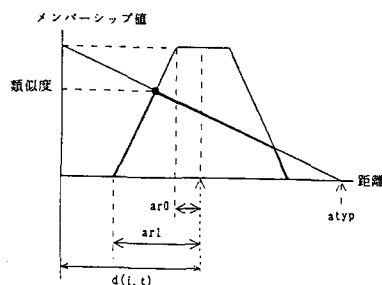


図2 合成メンバーシップ関数

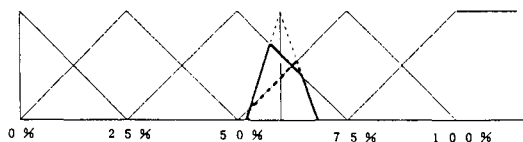


図3 観測流入量の類似度を示す合成メンバーシップ関数

4. システムの概要

システムは図4に示す9つのモジュールで構成され、各モジュールは必要に応じて交信する。

①知識ベース：過去の台風をパターン分類し、それぞれの分類結果が格納されている。

②類似進路の選出・予測進路の算定：位置情報の曖昧性は(2)式によりこのモジュールで処理される。

③類似ハイトグラフの選出・ハイトグラフの予測：予測ハイトグラフが⑤で使われる。

④類似ハイドログラフの選出・ハイドログラフの予測：代表ハイドログラフとの類似度fHYDe(DSD)は⑧で使われる。DSDは現ハイトグラフと代表ハイドログラフとの距離である。予測ハイドログラフは⑤、⑦で使われる。

⑤非洪水の判断：本システムが放流量を算出して提示するべきかの判断を予測ハイトグラフ、予測ハイドログラフより行う。ダム管理者が多数経験している洪水規模であるならば、本システムが支援する必要はないとの結論に立ち、その以後の推論を省略する。

⑥ルールベース：if（前件部）-then（後件部）形式で示される操作ルールが格納されている。前件部のA, B, C, D, は、それぞれに分割されたファジイ空間である。後件部はハイドログラフパターン、流入状態、貯水状態を設定した上で、DPより得られる最適制御結果である。

⑦ルールの選択：予測ハイドログラフのピーク流量により選択する。

⑧ルールの適合度の算定：選択された全てのルールに対して適合度Wl_{mn}を算定する。

$$Wl_{mn} = (fHYDe(DSD) + fQIe(QI) + fS(S)) / 3 \quad (4)$$
 f---はそれぞれのファジイ空間における類似度であることを示す。つまり、観測流入量、観測貯水量の曖昧性はこのモジュールに作用している。

⑨放流量の決定：操作ルールの後件部の計算放流量をQRとして、放流量Q₀を高き法により算定する。

$$Q_0 = \left(\sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N Wl_{mn} * QR(l, m, n) \right) / \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N Wl_{mn} \quad (5)$$

5. 実領域での適用

以上のようなシステムを淀川水系青蓮寺ダムに適用させる。図5は、1953年13号台風を対象とした予測ハイドログラフである。立ち上がりやや遅れているものの、まずまずの予測結果であると思われる。なお、制御結果並びに画面についての詳細は講演時に述べる。

<参考文献>

藤井忠直、小尻利治：知識ベースを用いた貯水池操作に関する研究、水工論文集、1990, pp25-31

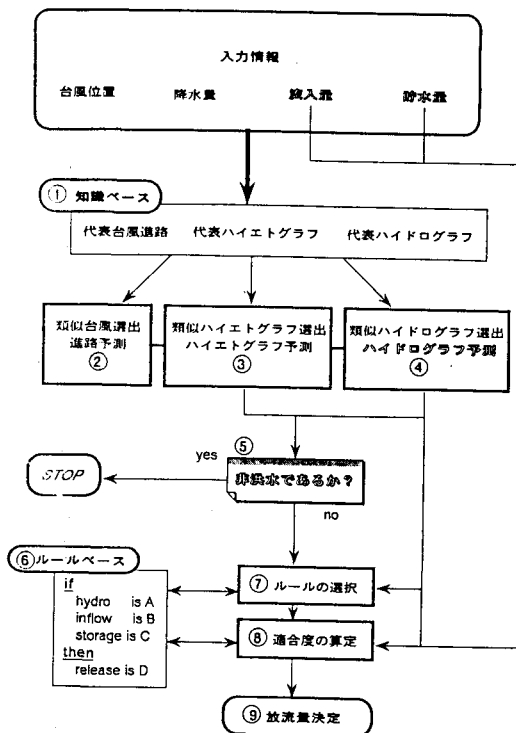


図4 貯水池操作支援システムの構成

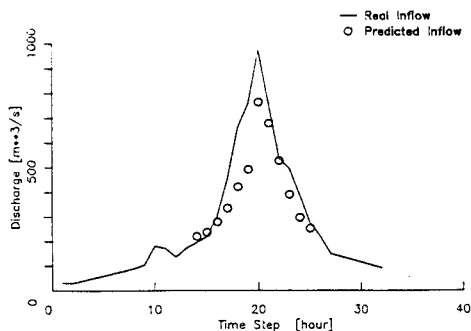


図5 ハイドログラフの予測結果