

II-112 ニューラルネットワークによる貯水池操作支援システム

(株)建設技術研究所 正員 ○ 楠間 繁樹
岐阜大学工学部 正員 小尻 利治

1 はじめに

洪水時において効果的な貯水池操作を行うためには、貯水池への流入量を予測することが不可欠である。また、対象洪水が台風を伴う場合、現況台風の経路の把握と将来の経路の予測が重要になってくる。そこで本研究では、台風性降雨の場合を取り上げ、ニューラルネットワーク、ファジイ推論等を用いることによって実時間貯水池操作支援システムの確立を目指すものである。

2 貯水池操作支援システムの概要

本システムは図1のようなフローで放流量を決定する。まず、入力として、天気図情報、台風情報、レーダー雨量情報、貯水池での観測情報を用いる。次に、これらの情報を基に将来の台風経路、ハイトグラフをニューラルネットワーク、ファジイ推論、オプティカルフローによって予測する。予測されたハイトグラフはニューラルネットワーク、貯留関数法によって予測ハイドログラフに変換する。そして、予測された台風経路、ハイドログラフと貯水池での観測情報を基に、ニューラルネットワークによって放流量を決定する。

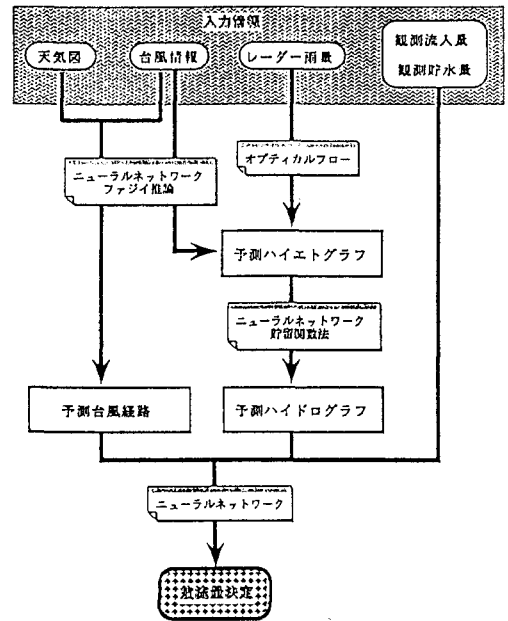


図1 貯水池操作支援システムのフロー

$R(t') (= 0.8^{t'-1})$ を考慮して、以下のように定義する。

$$prety(t+t') = \frac{tp(t+t') + R(t')wp(t+t')}{1 + R(t')} \quad (1)$$

3 台風経路の予測

過去の代表的な台風経路を記憶したニューラルネットワークにより代表台風に対する現況台風の類似度を算定するとともに、将来の経路をファジイ推論によって予測する。さらに、天気図情報を基に、大気の運動方程式を利用した経路予測も行い、両者をファジイ推論によって合成し、最終的な予測値とする。すなわち、時刻 $t+t'$ ($t' \geq 1$)において天気図からの予測位置を $wp(t+i)$ とし、類似台風からの予測位置 $tp(t+i)$ 、に対する補正後の予測位置 $prety(t+i)$ を時間減衰項

4 ハイトグラフの予測

代表台風経路への類似性、ならびに今後の予測台風経路は、降雨分布を予測する上で重要な要素になる。ここでは、観測中の降雨量系列と代表台風がもつ降雨データとを比較する。さらに、ファジイ推論によって今後の雨量を予測し、レーダー雨量計から得られる降雨現象を対象として、オプティカルフロー¹⁾の概念を導入し降雨セルの移動速度を算出するとともに、1時間後の降雨量の予測を行い、予測ハイトグラフの補正を行う。

5 ハイダログラフの予測

前章で求められた予測ハイドログラフを貯留関数法を用いてハイダログラフに変換する。貯留関数法では、以下の連続式と運動方程式に相当する貯留量—流出量関係を基礎式としている。

$$\frac{dS_t}{dt} = f \cdot RA_{ave} - (q_t - q_i) \quad (2)$$

$$S_t = K \cdot q_i^p \quad (3)$$

ここで、 f は流出率、 RA_{ave} は流域平均降雨量、 q_t は遅れ時間 t_i を考慮した流出高、 q_i は基底流出高、 S_t はみかけの流域貯留高、 K 、 p はパラメータをそれぞれ表す。 K 、 p は貯留関数法における重要なパラメータであり、その値によって計算ハイダログラフの形状は大きく支配される。ここでは、実時間で K 、 p をその洪水に適した値に調整していくために、ニューラルネットワークを用いる。入力には、前時間までの履歴という意味で前時間の予測流入量と実流入量との差の $\log_{10}$ と $\log_{10}(q_t)$ を設定し、出力（教師信号）を S_t とすることで応答関数 $f(x)$ を $f(x) = 10^x$ としている。このネットワークの中間層と出力層の間の重みをそれぞれ p 、 $\log_{10}(K)$ とみなしてそれぞれを変化させる。

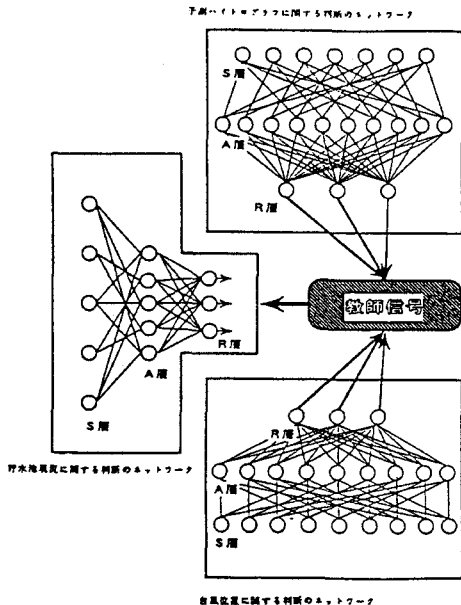


図2 貯水池操作のモデル化

6 貯水池操作

異常洪水が発生しそうだや予測されるような台風が近づき降雨が始まった場合の貯水池管理者の放流量決定に至る判断基準を推測すると、i) 台風の位置と今後の予測進路、ii) 予測ハイダログラフ（ハイドログラフ）、iii) 貯水池の現況（流入量、貯水量）などが挙げられる。これらの要素を段階的に判断できるモデルを図2のように設定する。上述のi)、ii)にあたるニューラルネットワークを構成し、その出力の組合せによってiii)のニューラルネットワークの教師信号を最適化理論の一つであるDynamic Programmingによって変化させ、そのネットワークにより最終的な出力（放流量）を求める。本システムを岐阜県揖斐川流域にある横山ダムへ適用させた。初期貯水量を $0[m^3]$ と設定した場合の操作結果を図3に示す。

7 おわりに

本研究では、台風性降雨時における種々の気象・水文現象の予測手法と、その予測結果に基づく貯水池操作支援システムを提案した。この結果、貯水池操作支援システムとして最適操作の概念を取り込むことが達成された。

参考文献

- 1) 舟久保登：パターン認識，共立出版株式会社，1991，pp.136-139。

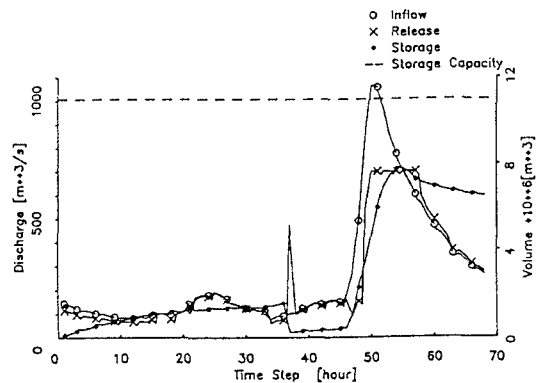


図3 操作結果例