

II-2

内水管理用洪水流出モデルと実時間水位予測

京都大学防災研究所 正員 近森秀高

1. はじめに 洪水時、低平地からの排水は機械排水に頼らざるを得ないことが多いが、排水機の効率的な運転のためには機場への流入量や内外河川水位の予測を行うことが望ましい。本研究では、数個のタンクから成る簡単な洪水流出モデルにカルマンフィルターを併用して、豪雨時の排水機場における実時間水位予測を行う手法を提案し、この手法を京都南部の巨椋低平流域(52 km², 図1)に適用した結果について報告する。

2. 内水管理用洪水流出モデル モデルの概念図を図2に示す。ここで用いたモデルは、上流域からの流出を表す2個のタンクと、氾濫域を表す1個のタンクから構成される。各タンクの連続式・運動方程式は(1)～(6)式で表される。

$$\frac{dh_1}{dt} = r - Q_1 \quad \dots(1), Q_1 = a_1 h_1^{5/3} \quad \dots(2)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = r - Q_2 \quad \dots(3), Q_2 = a_2 h_2 \quad \dots(4)$$

$$\frac{dV_3}{dt} = A(f_1 Q_1 + f_2 Q_2) - P \quad \dots(5), h_3 = F(V_3) \quad \dots(6)$$

ここに、 Q_1 、 Q_2 ：それぞれ上流域からの流出の速い成分、遅い成分、 A ：中段・下段の流域面積、 h_1 、 h_2 ：上流域タンクの貯留水深、 V_3 ：氾濫域の貯留量、

h_3 ：氾濫域の水位、 r ：降雨、 P ：ポンプ排水量。 f_1 ：ここでは流域に占める市街地の面積比を与え、 $f_2 = 1 - f_1$ とする。なお、氾濫域の h_3 と V_3 の間には現地測定から得られた関係を用いる（(6)式）。

3. 実時間水位予測 (1)～(6)式で表される洪水流出モデルにカルマンフィルターを併用して、排水機場における実時間水位予測を行う。また、このモデルを現地に適用した際、(1),(2)式におけるパラメータ a_1, a_2 の取扱いが問題となるが、ここでは各タンクの貯留水深・貯留量に逐次修正を加えながら、同時にこれらのパラメータも同定していく適応フィルタリングの手法を用いる。

(1)～(5)式はまとめると以下のように表される。

$$\frac{dh_1}{dt} = r - a_1 h_1^{5/3} \quad \dots(7)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = r - a_2 h_2 \quad \dots(8)$$

$$\frac{dV_3}{dt} = A(f_1 a_1 h_1^{5/3} + f_2 a_2 h_2) - P \quad \dots(9)$$

この(7), (9)式の右辺は非線形であるが、ここではこれらをTaylor展開し、1次項までをとって線形化する。こうして得られた線形微分方程式群を指数数列の級数展開を用いて離散化し、これを状態方程式とする。

また、(4)式で表される h_2 と V_3 の関係式には離散的な形でデータが与えられているが、

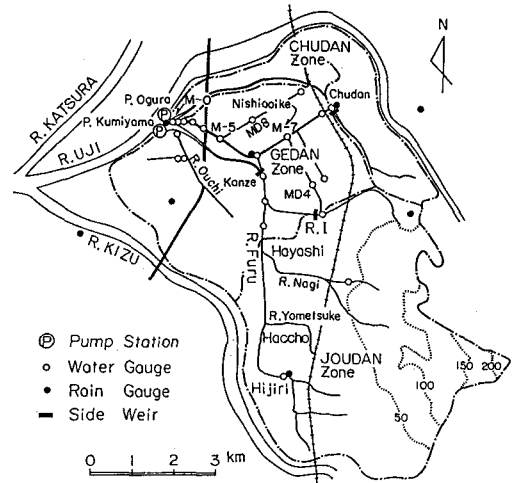


図1 巨椋流域

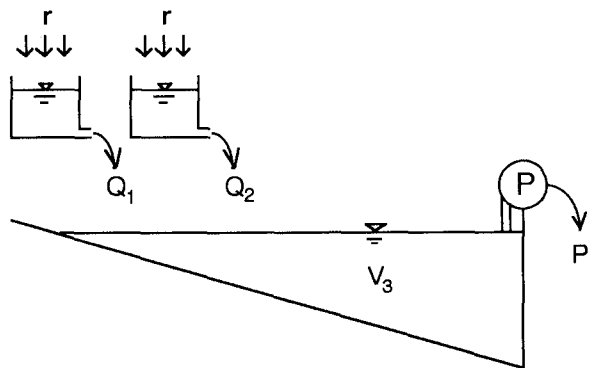


図2 モデルの概要

この式に統計的線形化を適用し、これを観測方程式とする。

このようにして得られたモデルに時々刻々得られる排水機場前の水位を与えて状態修正を行い、3時間先の水位まで予測する。計算時間刻みは30分とする。

4. 巨椋排水機場における豪雨時の水位予測 このモデルを京都南部巨椋低平流域に適用し、昭和61年7月豪雨時の巨椋排水機場の水位予測を行った。ここでは、予測期間中、降雨と機場における排水量は現状のままとする。予測の結果を図3、4に示すが、ピーク付近

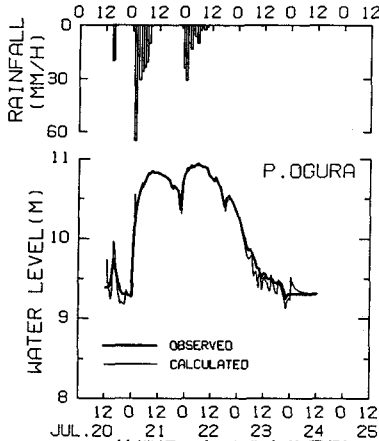


図3 巨椋機場における水位予測
（1時間先、排水量:現状のまま）

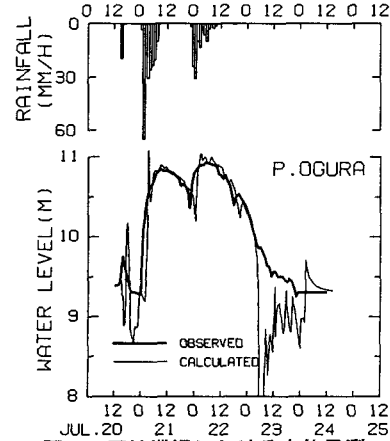


図4 巨椋機場における水位予測
（3時間先、排水量:現状のまま）

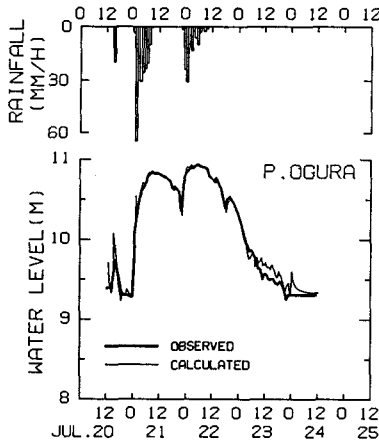


図5 巨椋機場における水位予測
（1時間先、排水量:予測水位により変化）

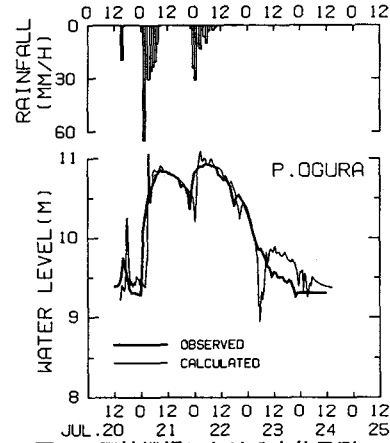


図6 巨椋機場における水位予測
（3時間先、排水量:予測水位により変化）

の予測精度はかなり良好であるものの、降雨終了後の水位低減時に水位がやや過小推定気味になり、この傾向はリードタイムが長くなるほど顕著になる。そこで、予測期間中不変としていた排水量を巨椋機場の運転規則に基づいて変化させることにすると図5、6のようになり、この傾向はかなり改善された。

パラメータ a_1, a_2 の変化を図7に示すが、予測期間中 a_1 と a_2 の比はほぼ一定で、8前後の値をとっている。この値は流域内の土地利用などの条件から定まるものと思われるが、現時点ではこれらパラメータの物理的意義は明確になっていない。またパラメータの値は期間中かなり大きく変動しているが、これは流出モデルにかなり単純化しているためと考えられ、止むを得ない結果かも知れない。

5. むすび 洪水時の排水機場における実時間水位予測を行う手法として、簡単なタンクモデルにカルマンフィルターを併用する手法を提案し、その実用性を示した。今後の検討課題として、パラメータ a_1, a_2 の物理的意味の解明、排水機場近くの河道容積が小さく水位変動が激しい場合の予測法、などが挙げられる。

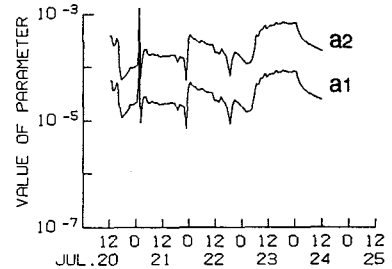


図7 予測期間中のパラメータの変化