

河道の実時間水位予測を用いた遊水地樋門操作に関する研究

京都大学工学部	正員	高棹 琢馬	京都大学工学部	正員	椎葉 充晴
京都大学工学部	正員	立川 康人	建設省	正員	岩崎 福久
京都大学大学院	学生員	森田健太郎	京都大学大学院	学生員	○ 栖原 聖二

1 はじめに 本研究の目的は、遊水地における多数の樋門の操作を小人数で合理的に行うための樋門操作スケジュールを実時間で決定するシステムを開発することにある。

その背景となった木津川上流の上野遊水地(図1)での樋門操作状況を説明すると、現在、上野遊水地の樋門操作は水防団等の地域住民の協力により行われており、一つの樋門につき最低2人の人員が必要である。現在樋門の数は36ヶ所あり、将来計画されている樋門が完成すれば、50ヶ所を超え、それにより必要な人員は、100名を超えると予想される。しかし、それだけの人員の確保は非常に難しくなっており、そこで、樋門を操作すべき時刻があらかじめ予測できれば、少人数で多くの樋門を適切に操作できると考えて、樋門操作スケジュールを実時間で更新決定するシステムを開発する。

2 樋門の操作ルール 上野遊水地では、洪水は越流堤より自然越流させ、遊水地に湛水した洪水流は本川水位の低下に応じて樋門から排水される。つまり、樋門は排水専用であるため、洪水時には本川からの逆流が始まる時点で樋門を閉鎖すると決められている。周囲堤の樋門は対応する本川側の樋門が閉められるのと同時に閉められる。

本研究ではこのルールに則った樋門操作スケジュール決定システムを構築することを考えて、その第一段階として、それぞれの樋門位置の外水位が操作水位に達する時刻を予測し、その時刻を樋門の操作時刻とした。ここで、操作水位とは、遊水地の堤内地盤高である。

3 樋門操作スケジュール決定手法の概要 まず、それぞれの流域での降雨を入力し、観測流量を用いてカルマンフィルターにより貯留量を逐時推定しながら、対象とする河道区間上流端での流量を予測する。そして、予測された流量と河道区間下流端での水位流量曲線を境界条件として、不定流計算を行う

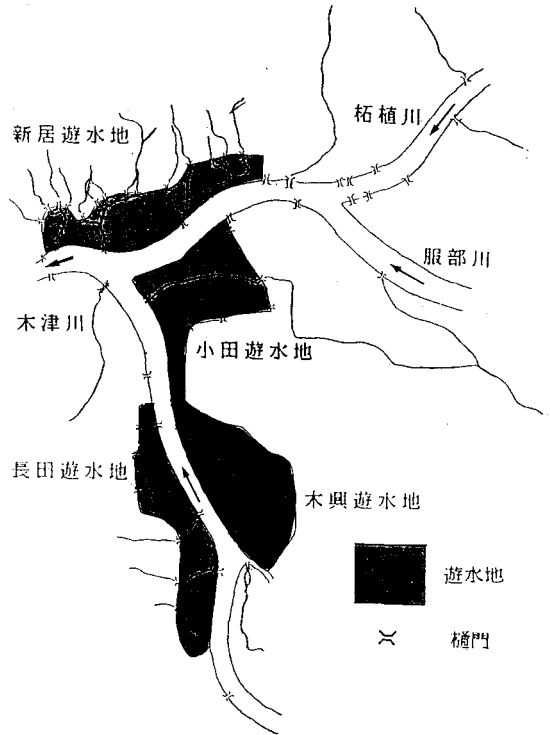


図1 上野遊水地概要

ことにより樋門位置の外水位を予測し、操作水位に達する時刻を計算する。つまり、洪水流出予測と洪水追跡計算をすることが、大きな柱となる。

洪水流出予測では、流出モデルを貯留関数法を用いた状態空間型モデルで表し、これに白色正規を仮定した観測ノイズベクトルとシステムノイズベクトルを導入している。^[1] この状態方程式を線形化、離散化してカルマンフィルターを適用し、河道区間上流端の流量の期待値とその分散を得る。

次に、予測された流量の期待値にその分散の平方

根を加えたものを、入力として採用し洪水追跡計算を行う。洪水追跡計算の手法には、有限差分法の陰型式スキームを採用した。^[2]これは不定流の基礎方程式である連続式と運動方程式を差分化し、上流端の流量と下流端の水位流量曲線という境界条件を併せて連立方程式として将来の水位、流量を得るという方法である。しかし、差分式は非線形であるため、ニュートン法を適用して解く。つまり、現在の水位、流量を近似値としてテイラー展開し、それとの差 $\Delta h, \Delta Q$ に関する線形連立方程式として、繰返し計算によって、将来の水位、流量を得る。この様に時刻を更新しながら実時間で水位を予測することによって、樋門操作スケジュールを決定する。

4 シミュレーション結果と考察 本研究では実流域として、上野遊水地を選び、実績洪水のデータをもとにシミュレーションを行った。

流出予測に用いる流出モデルの貯留関数法パラメタについては、昭和57年洪水の降雨と流量の観測データを用いて、対数回帰分析により同定した。その結果を表1に示す。また、洪水追跡計算によって水位を求める計算断面数は38個であり、その予測一回分の計算時間は、ワークステーション(SUN)で約3分である。

まず、水位の予測結果として図4、5にある時刻でのそれぞれの河道の現時刻の推定水位と1時間後の予測水位を示す。このグラフで横軸のDistanceとは、それぞれの河道上流端からの距離を表し、縦軸のWater Levelは、大阪湾平均潮位を0とした河道水位を表す。グラフ中の棒グラフは、樋門の位置とその操作水位を表している。また、nowとは上流端流量として、推定ハイドログラフに予測誤差分散の平方根を加えたものを与えたときの、その時刻の推定水位であり、1hour aheadとは同様に流量を与えたときのその時刻から1時間先の予測水位であり、river bedは、河床高を表す。上流端流量の予測誤差分散の平方根は、その流量の5%～10%である。

表2は、平成2年洪水での実際の樋門操作時刻とシミュレーションによる操作時刻を載せた表である。河道条件として、現在計画の計画横断面を使ったため、ここには現況河床高と計画河床高を使った場合の2通りのシミュレーション結果を載せている。そ

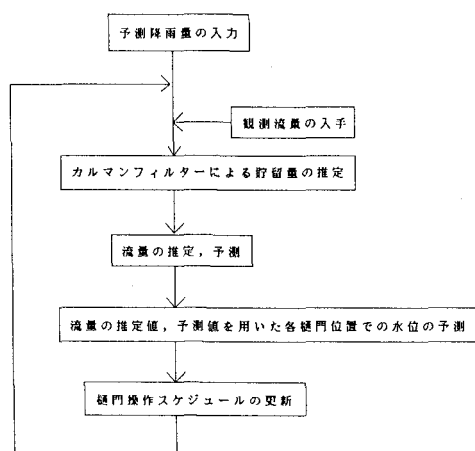


図2 フローチャート

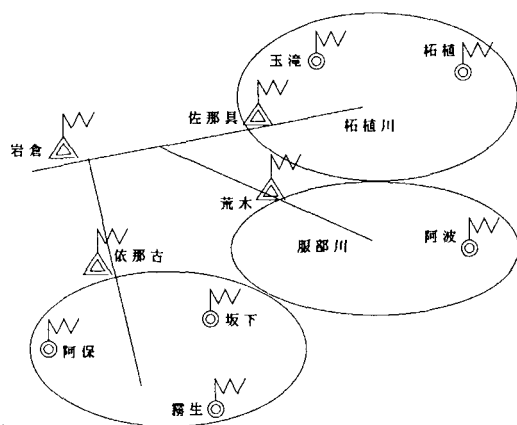


図3 流域の模式図

れが右の2列である。これを見ると、実際に操作された樋門の多くについてはシミュレーションでも予測操作時刻が示されている。しかし、全体的に予測時刻は遅れる傾向にある。この原因としては、計画横断面を用いたために、現況の場合より流水断面積が広がっていること、潤辺が小さくなっていること、また、本研究では内水河川からの流入量を考慮していないことなどが考えられる。

次に、図6、7は、大谷排水樋門を持つ断面と清水排水樋門と八幡排水樋門を持つ断面という特定の樋

門位置断面での予測水位ハイドログラフである。横軸は時刻であり、縦軸は大阪湾平均潮位を0としたときの水位の高さであり、observedは上流端流量に観測流量を与えたときの現時刻の計算水位、estimatedは推定流量を与えたときの現時刻の水位、1hour aheadは1時間先の予測流量を与えたときの1時間先の予測水位、2hour aheadは2時間先の予測流量を与えたときの2時間先の予測水位、直線は操作水位を表す。これを見るとやはり先の操作時刻の結果と同様に操作水位に達する時刻が遅れている。しかしこの図を見ると遅れているのは、全体的に水位を過小に予測した結果であることが分かる。これは先に挙げた計画横断面を用いたことや内水河川を無視したことなどの原因のほかに上流端の予測流量が小さいということが考えられる。

図8は上流端の予測流量ハイドログラフの結果である。横軸は時間、縦軸は流量、上の棒グラフは降雨強度であり、observedは観測流量、estimatedは推定流量、1hour aheadは1時間先の予測流量、2hour aheadは2時間先の予測流量を表す。この図を見るとやはり予測流量が観測流量や推定流量を下回っている。この原因は、流出予測で設定したパラメタが、この洪水にあっていなかったため、正確な予測ができなかったと考えられる。

5 今後の課題 流出予測については、結果の精度が良くなかったために、水位を過小に評価してしまったので、多くのデータを用いて慎重にパラメタを同定し、流出予測の精度を上げることが必要である。

また、外水位だけでなく内水位を考慮にいたれた極門操作スケジュール決定手法へと発展させることが今後の課題である。

なお、データは建設省近畿地方建設局木津川上流工事事務所から提供して頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 高棹琢馬, 椎葉充晴, 宝馨: リアルタイム洪水予測のモデルと手法, 水資源研究センター研究報告, 1985年1月, pp.19-21
- 2) 神田徹, 辻貴之: 低平地河川網における洪水流の特性とその制御, 建設工学研究所報告, 第21号抜刷, 昭和54年11月 pp.105-132

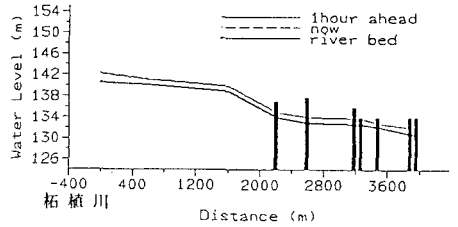
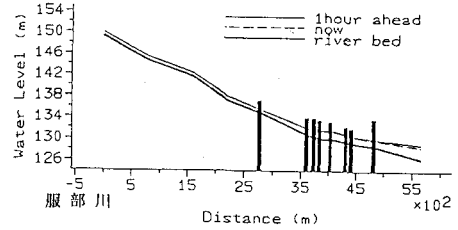
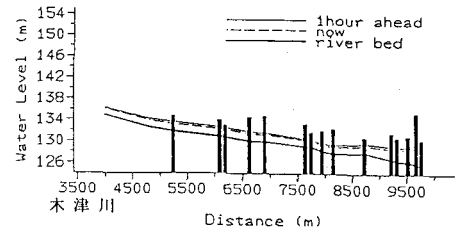


図4 20時の推定・予測水位(現況)

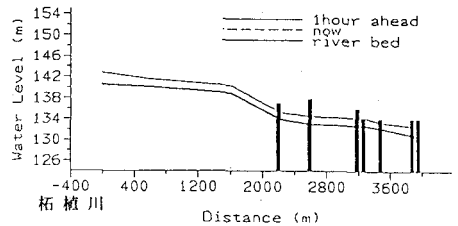
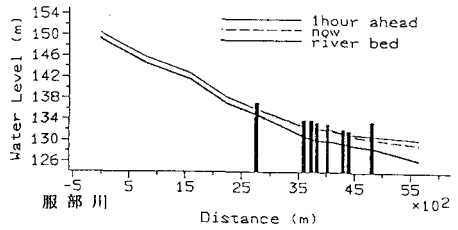
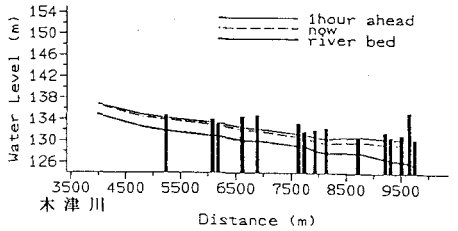


図5 21時の推定・予測水位(現況)

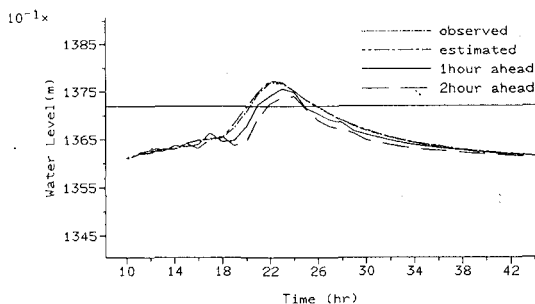


図6 大谷排水樋門における予測水位ハイドログラフ

表1 流出モデルのパラメタ

流域係数	柘植川	服部川	木津川
流域面積 A	152.76	94.03	148.88
流入係数 f	0.792	0.886	0.879
遅れ時間 T L	2	1	0
K	15.73	24.86	26.23
p	0.493	0.575	0.431

表2 樋門操作記録と予測結果

N o	樋門名	Case1	Case2	Case3
1	岩倉排水樋門	19.22:40	既(23)	
4	平野川排水樋門	19.22:00	19.22:16(22)	
5	市場排水樋門		19.21:58(21)	19.23:18(23)
6	朝屋排水樋門	19.22:00		
7	岩根川排水樋門	19.20:00	既(23)	既(23)
11	住古川排水樋門			
12	木興排水樋門	19.22:00	既(23)	既(23)
13	八幡排水樋門	19.20:00	19.23.02(23)	19.23.12(23)
20	清水排水樋門	19.19:40	19.22:19(20)	19.21.34(21)
			19.21.12(21)	
21	小田新田排水樋門		既(24)	
24	大坪排水樋門	19.21:30		
37	城出排水樋門		19.22:26(22)	
39	西出排水樋門			
41	朝子川排水樋門			
42	新居排水樋管			
44	三田排水樋門			
47	大谷排水樋門		19.22:26(22)	19.21:05(21)
48	服部第一排水樋管			
50	三田第一排水樋管			
51	三田第二排水樋管		19.21.02(21)	19.22:06(22)
53	小田水門		既(23)	

Case1:平成2年9月の洪水時の樋門の操作時刻

Case2:平成2年9月の洪水を用いて現況河床で計算した場合の樋門の予測操作時刻

Case3:平成2年9月の洪水を用いて計画河床で計算した場合の樋門の予測操作時刻

既予測する以前に既に操作水位に達してしまった場合
():予測時刻

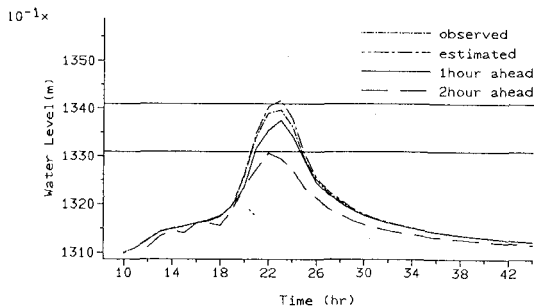
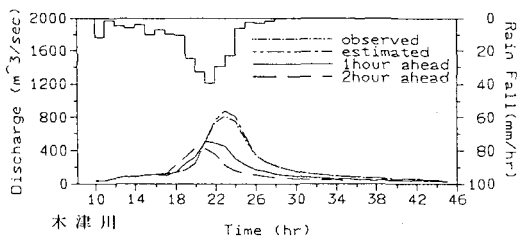
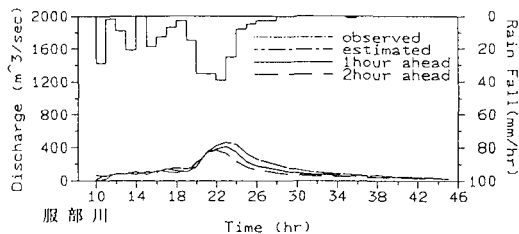


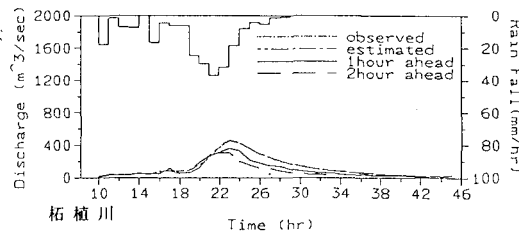
図7 清水排水樋門・八幡排水樋門における予測水位ハイドログラフ



木津川



服部川



柘植川

図8 洪水予測流量ハイドログラフ