

II-226

洪水氾濫水挙動の実時間予測アルゴリズムに関する基礎的研究

建設省 正員 ○岩崎福久 京都大学工学部 正員 高埴琢馬
 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
 京都大学大学院 学生員 森田健太郎

1. はじめに 洪水災害を防止・軽減する上で、豪雨・洪水流出・氾濫の実時間予測は重要な役割を担っている。それは、現在の日本のように流域の都市化に河川の整備が追いついていないような状況において、実時間予測技術の進展により、調節池操作・避難・水防活動を効果的に展開することにより、洪水災害を最小限に食い止める可能性があるからである。このような降雨・流出・氾濫の実時間予測手法は、電子計算機の発展とともに、この十数年の間にかなり実用性の高いものに発展してきた。本研究では、洪水の実時間予測情報を用いた洪水氾濫水の実時間予測手法を提案し、シミュレーションを行うことを目的とする。

2. 予測手法の概要 氾濫原内における氾濫水の挙動を予測するには、河道から氾濫原への流入量を正確に把握することが重要である。しかし、その値は越流点の流速・水深や、破堤形状を観測することが難しいことから正確に得ることは実際上困難である。そこで、本研究ではそれらの値を間接的に推定し氾濫水の挙動を予測する手法を考える。河道から氾濫原内への流入要因としては、溢水によるものと、破堤によるものがある。この二つの要因による流入量を正確に把握するには、時事刻々変化する越流点の流速・水深や、破堤形状の値を把握しておく必要がある。本研究では、河道の不定流計算システム・破堤形状計算システム・氾濫計算システムを組み合わせることにより、河道からの越流・破堤による流入が扱える氾濫計算システムを構築した。そして、その氾濫計算システムとカルマンのフィルタリング理論とを組み合わせ、河道上流端の流量を状態量とし、氾濫原内の観測水深を用いてそれを推定することにより、河道から氾濫原への流入量を間接的に推定できるようなシステムを構築した。本システムでは、河道の不定流計算手法は有限差分法(4点Implicit法)^[1]を用い、破堤形状計算手法としては、藤田の提案した破堤過程の予測モデル^[2]を採用する。さらに氾濫計算手法は、二次元平面流れを扱う二次元一層モ

デル^[3]を採用する。次に推定・予測手順を示す。

1. 外部システムから河道上流端の流量時系列($t = t_0 \sim t_K$)の平均値ベクトルと共分散行列を入力する。
 2. 流量時系列をカルマンフィルターを用いて推定するために、流量時系列と氾濫原内の観測地点の水深との間に線形式を構成する。
 3. 観測水深の時系列を用いてカルマンフィルターを適用することにより流量時系列($t = t_0 \sim t_K$)を推定する。
 4. 時刻 t_0 での水深を初期条件とし、3.で推定した流量時系列を不定流計算システムと破堤形状計算システムにより河道より氾濫原内への流入量を計算し、それを二次元一層モデルへの入力とすることにより、現在時刻 t_K における氾濫原内の水深・流速を推定する。
 5. 外部システムから現在時刻 t_K において将来時刻 $t_{K+m-1}(m = 1, 2, \dots)$ での流量の予測値を入力する。
 6. 4.で得られた現在時刻 t_K での水深の推定値を初期条件とし、5.で入手した将来時刻 $t_{K+m-1}(m = 1, 2, \dots)$ での流量を入力として不定流計算システムと破堤形状計算システムにより河道より氾濫原内への流入量を計算し、二次元一層モデルに代入することにより、将来時刻 $t_{K+m}(m = 1, 2, \dots)$ における洪水氾濫水の水深・流速を予測する。
 7. 時間が経ち次の観測水深が得られたならば、現在時刻を $t_K = t_{K+1}$ として1.に戻る。
3. シミュレーション結果と考察 対象氾濫域としては、広さが2.5km四方でまわりが堤防に囲まれている仮想氾濫域を想定した。仮想氾濫域は、都市流域を考えて河道流下方向に対して1/2000、氾濫域内では、河道に向かって1/5000とした。尚、破堤点

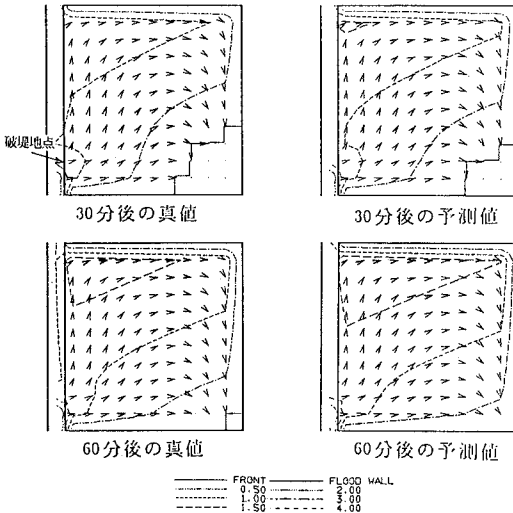
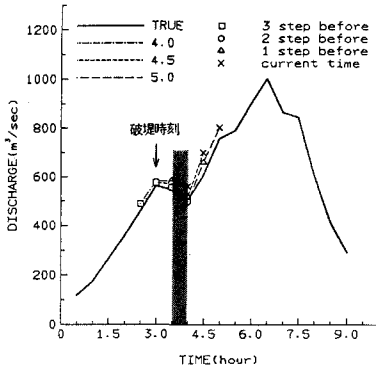
図1 $t = 3.0$ における 30, 60 分後の予測値と真値

図2 上流端ハイドログラフの真値と推定値の時系列

と破堤時刻は本研究のモデルでは任意に与えることが出来る。今回は破堤は時刻3.0hourにおいて河道上流端より2つ目の格子点上で起きると仮定しシミュレーションを行った。

今回は、その予測誤差共分散行列の対角成分がその時刻の流量予測値の10%の2乗なるものを与えた。更に、観測誤差は平均値を0(m)、誤差分散を $0.01(m^2)$ とした。本研究では現時刻と30, 60min前の観測地点の水深と、30, 60, 90min前の各時刻の河道上流端の流量との間にそれぞれ線形式を構成した。そして、現時刻と30, 60min前の観測水深が得られるとフィルタリングにより30, 60, 90min前の各時刻の河道上流端の流量を推定した。さらにそれを境界条件として現時刻の氾濫原内の水深・流速を推定し、それを初期条件として、氾濫原内の水深・流

速の予測計算を行った。図1に時刻3.0hourにおける30, 60min後の真値と予測値を示す。ここに、真値とは数値計算上での真値という意味である。図中の矢印は流速ベクトルの方向を表し、実線・点線は等水深線を表す。これを見ると予測値が30, 60minのどちらも水深を若干大きく評価していることがわかる。これは予測流量が真値流量より多く評価していたためであると考えられる。この予測計算の精度を向上させるには、インプットである流量の予測値の精度を上げるほかに、初期条件となる現時刻の氾濫原内の水深・流速の推定値の精度を上げることが考えられる。次にある時刻の推定結果がフィルタリングが繰り返される度に誤差が小さくなっていくことを示す。図2は、上流端のハイドログラフの真値と時刻が、4.0, 4.5, 5.0のときに推定した流量の時系列である。時刻3.5~4.0hourの間の流量ハイドログラフの推定値は時刻が進む度に、真値に近づいていくことがわかる。つまりフィルタリングが繰り返される度に、推定値の精度が高くなることを表している。この傾向はすべての時刻で同様のことが言えた。

4. 今後の課題 本研究では河道からの溢水及び破堤による流入を考慮した都市氾濫域における氾濫流実時間予測システムを構築し電子計算機プログラムとして仮想流域へ適用した。本研究で行ったシミュレーションは、仮想流域で行ったものである。本研究で提案したシステムの仮想流域への適用は、システムが正常に機能している目安にはなったが、実流域へ適用した場合、実現象を正しく表現するかどうかは保証できない。今後は真にシステムが機能し実現象を精度良く推定・予測できるかが課題となる。

参考文献

- 1 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
- 2 藤田裕一郎, 田村多佳志, 村本嘉雄: 堤防決壊口の拡大過程に関する実験的考察, 第21回自然災害科学総合シンポジウム概要集 pp.377-378
- 3 岩佐義朗, 井上和也, 水島雅文: 氾濫水の水利に関する数値解析, 防災研究所年報, 第23号 B-2, 1980, pp.305-317