

II-93

氾濫原における洪水挙動の実時間予測手法の構築に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員 岩崎 福久
 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
 京都大学大学院 学生員 森田健太郎

1、はじめに

今日、我々が豪雨洪水災害対策を考えると、従来の連続堤防の整備や洪水調節用ダムの建設、貯水池・遊水池の設置などのようなハードな治水対策のみに頼って対処することは大変困難となってきた。そこで、たとえ河川堤防が破堤し洪水が氾濫域に流入したとしても、その被害を最小限にとどめるために、建築物の耐水化や土地開発の規制、予警報、避難システムの構築、洪水保険といったいわゆるソフトな治水対策を確立することが急務となる。このソフトな治水対策の一環として、氾濫原における洪水の挙動を予測しておくことは、適切かつ迅速な避難行動や水防活動をとる上で極めて重要である。

本研究では、適切かつ迅速な避難・水防を行うために、氾濫原における洪水の挙動（水深・流速）を実時間で予測する手法を構築し提案することを目的とする。

2、予測手法の概要

洪水氾濫水（氾濫原に流入した洪水）の挙動を予測するためには、破堤点からの流入量及び氾濫域への降雨量を正確に把握することが重要である。しかし実際には、破堤点・越流点での水深・流速を正確に観測することが難しいことや破堤の形状自体が時々刻々と変化するであろうことなどの理由から、破堤時の流入量を直接正確に得ることは困難である。本研究では、外部システムから破堤点での流入量及び氾濫域への降雨量の平均値ベクトルと共分散行列が得られるとし、逐次得られる観測水深を用いて流入量・降雨量時系列をフィルタリングによって推定した後、洪水氾濫水の水深・流速を推定・予測することを考える。予測手法の手順を簡単に示すと次のようである。

まず、外部システムから破堤点での流入量及び氾濫域への降雨量の平均値ベクトルと共分散行列を獲得する。次に、氾濫域内での観測水深を用いてカルマンのフィルタリング理論を適用し流入量・降雨量時系列を推定することを念頭において、流入量・降雨量時系列と水深の間に線形式を構成する。線形式の係数は次のようにして決定する。流入量・降雨量時系列ベクトルが多次元正規分布に従うと仮定し、外部システムから得られる流入量・降雨量時系列の平均値ベクトルと共分散行列に従うベクトルを多数発生させて、二次元一層モデル¹⁾によって水深を求める。次に水深と流入量・降雨量時系列との間に最小二乗法を適用し線形式の係数を決定する。線形式が構成されたならば、時々刻々得られる観測水深を用いてカルマンフィルターを適用し、流入量・降雨量時系列を推定する。そして、推定した流入量・降雨量時系列を二次元平面流れの基礎方程式（二次元一層モデル）への入力として、氾濫原における洪水挙動（水深・流速）を推定する。最後に、推定した現在時刻における水深を初期条件として、現在時刻に得られる将来時刻の流入量・降雨量の予測値を二次元一層モデルへの入力として、氾濫原における洪水挙動（水深・流速）を予測する。時間が経過し次の観測水深が得られたならば、現在時刻を更新して次の予測計算にはいる。

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2.75km四方、破堤点が一ヵ所の仮想氾濫域を設定した。また流入量は外水位から越流公式（本間公式）²⁾を用いて算出した。また、外水位が12.0mを越えると越流するようにした。各時刻における予測誤差分散は対角成分が3.0の対角行列を設定した。

本研究では、現在時刻における水深と30分前・60分前・90分前の各時刻における外水位・降雨量との間

に線形式を構成した。また30分前・60分前における各水深と30分前・60分前・90分前の各時刻における外水位・降雨量との間にも線形式を構成した。従って、現在時刻において現在時刻・30分前・60分前の水深の観測値が得られると、フィルタリングにより30分前・60分前・90分前の各時刻における外水位・降雨量の推定値が得られる。それらを用いて現在時刻・30分前・60分前の各時刻における水深・流速の推定値が算定される。

現在時刻での水深の推定値が得られたならば、その値を初期条件として水深・流速の予測計算を行う。一例として、時刻180分における30分後と60分後の洪水氾濫水の挙動の予測結果を図1に示す。矢印は流速ベクトルを示し、直線及び点線は等水深線を示す。この予測計算の精度を向上させるためには、現在的水深及び流速を正確に推定しなければならない。つまり、過去の外水位の推定値が正確でないと、予測精度は落ちるということである。次に、その外水位の推定結果に対し考察を行う。

図2は、外水位の真値と、それぞれ時刻150, 180, 210分に推定した外水位の図である。時刻120～150分の間の外水位の推定値の時系列を真値と比較すると、時刻が立つ毎に推定値は真値に近づいていくことが分かる。このことは、時刻が経ち観測更新がなされる度に推定値の精度が良くなっていくということである。この傾向は、90～120分の間を除いた全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、氾濫原における洪水の挙動の実時間予測手法を提案し、電子計算機プログラムを構築してシミュレーションを行い、その結果の出力と考察を試みた。30分前・60分前・90分前の外水位・降雨量を推定し、現時刻から60分先までの氾濫原の水深・流速を予測するという1サイクルの計算に、京都大学の大型計算機センターで約一時間、ワークステーション(Sun)で約二時間という膨大な時間がかかる。今後、数多くのシミュレーションを行うことによって精度を落とすことなく実用性のある線形式を構成し計算時間の短縮改善を図ることが重要課題である。

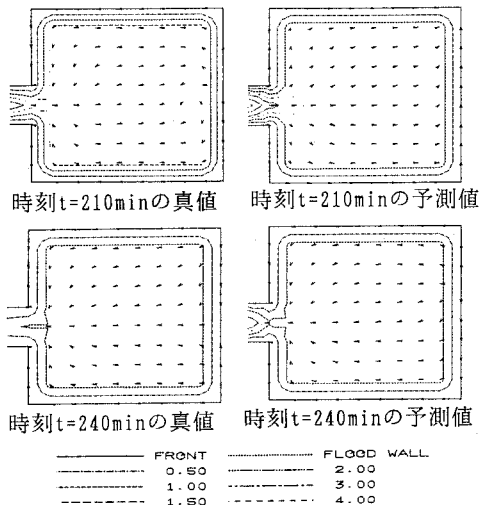


図1 時刻 $t=180\text{min}$ における

$t=210, 240\text{min}$ の真値と予測結果

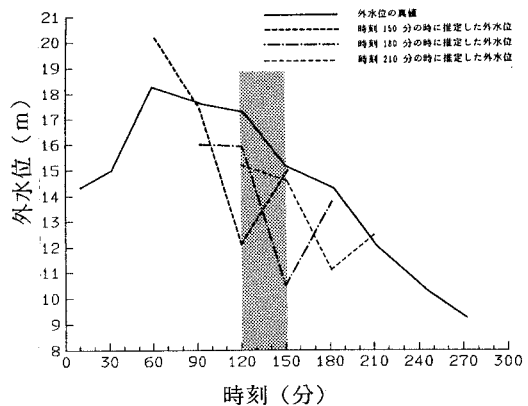


図2 外水位の真値と推定値の時系列

- 【参考文献】1) 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
 2) 土木学会編：水理公式集，1985
 3) 森田・高棹・椎葉・立川・岩崎(1991)：氾濫原における洪水挙動の実時間予測について，関西支部年次学術講演概要集