

VI-3

パソコンを用いたダム洪水演習シミュレーターについて

北海道開発局開発土木研究所 正員 渡 辺 和 好

北海道開発局開発土木研究所 正員 竹 本 成 行

はじめに

洪水時における治水ダムの洪水調節の目的は、最大流量の低減、一定流量以上の継続時間の短縮、洪水波形の変形などにより洪水規模を低減することである¹⁾。洪水調節とは、あらかじめ検討され作成された操作規則に基づいてゲートなどを操作するほか、気象・水象上これにより難い場合に適切な操作を行うことで、管理所職員がこれに当たっている。洪水調整を誤ると、下流の甚大な被害という形で結果が返ってくるため、管理所職員の責務は非常に重く、高度な能力を要求される。建設省では、ダム管理所職員の技能向上を目的として、年1回全国規模で洪水演習を行っている。しかしながら演習時間が限られるため時間内に演習が行えるように作成された洪水波形が流域の降雨流出特性を反映していないことや演習者自ら洪水波形を作成しているなどの問題点を持っており、効果的な演習とはいいいがたい。また、北海道においては夏期洪水の発生頻度が小さく、実洪水を通しての経験を得る機会が少ない。さらに職員の移動などにより管理所体制が変化した場合の管理能力維持および向上は急務である。そこで筆者らは、手軽に日常的に演習を行うことができ、演習を通して職員の管理技術の維持および向上に資することを目的として、パソコンを用いたダム洪水演習シミュレーターの開発を行ったのでここに報告する。

1. ダム洪水演習シミュレーターについて

全国建設研修センターに、ダム洪水演習シミュレーター（以下単にシミュレーターと呼ぶ）が設置されており、各ダム管理所職員が全国から集まって研修を受けている。しかしながら、全国のダム管理所職員全員が年に何度も演習を行うことは不可能であり、管理所の機械もダム毎に少しずつ異っている。そこで、各管理所毎にシミュレーターを持つことが望ましいが、シミュレーターの設置場所、費用などの点で現状では難しい。そこで筆者らは、パソコンを用いたシミュレーターを考えた。ディスプレイ上に色々な画面を表示し、キーボード（マウスを使用したかったが機種の関係で使用できなかった）から入力し操作するシミュレーターである。実際の操作とは多少異なるが、洪水時の一連の作業が行えることによりシミュレーターとしての効果は十分期待できると考えた。

シミュレーター開発に際して目標としたのは、

- ①シミュレーションを通して、洪水時のダム操作を体得することができる。
- ②各流入量、貯水位、ゲート開度において、貯水位がどのように変化するかを感覚的に知ることができるようにする。

の2点である。第一にシミュレーターには洪水調節開始から終了までの全ての作業をとり込む。第二にコンピュータの画面にダム貯水位をグラフィック表示し、視覚的にとらえることができるようにする。

目標達成のため、シミュレーターに要求した機能は

- ①シミュレーションに時間の流れが存在する。
- ②洪水波形が合理的である。
- ③手軽にシミュレーションができる。
- ④現在、ダム管理所に設置されているパソコンを用いる。

Dam-Flood Simulator using the Personal Computer
by Kazuyoshi WATANABE, Masayuki TAKEMOTO

の4点である。第1に、実際の洪水では刻一刻状況が変化し、変化に対応したすばやい行動が要求される。限られた時間内に必要な作業を行わなければならない。やり直しがきかない以上、シミュレーターにも時間経過が存在する必要がある。第2に、現実には、あり得ない洪水波形を用いた演習をいくら行っても、効果は期待できない。ダム流域の降雨・流出特性に適合した洪水波形を作成することはシミュレーターにとり最も重要といえる。第3に、シミュレーターの操作が複雑でマニュアルと首っぴきでなければ操作できなければ、誰にも使われず結局粗大ゴミとなってしまう。コンピューターの知識がほとんど無い人でも使うことができるよう簡単なものでなければならない。最後に、各ダム管理所に設置されている洪水予測計算用パソコンを対象としてプログラム開発を行い開発後直ちに運用できるものとした。

2. シミュレーターの構成

シミュレーターは、①降雨発生機構、②流入量算出機構、③ダム操作機構から成り立っている。①～③の内容を以下に示す。

①降雨発生機構

流域に発生する降雨波形の発生で重要となるのは流域の降雨特性(統計量)を保存した降雨波形の発生である。降雨波形は多くの場合、三角形で近似されるため、総雨量、ピーク雨量、降雨継続時間、ピーク生起位置の4変量に着目した。たとえば、札幌における時間降雨資料から1波形ごとに降雨を分離し、総雨量、ピーク雨量、降雨継続時間の3変量の分布特性、相関係数などの基礎統計量を算出したものが表-1, 2に示される。ピーク雨量、総雨量、降雨継続時間の3変量に対し、取り扱いの容易な対数正規分布を採用し、各降雨特性値の相関係数を満足した降雨の自動発生プログラムを作成した。ここでは、乱数を発生させることにより、事実上無数の演習用降雨波形を発生させる事が可能であり、演習の度に異なる降雨波形が算出される。

表-1 抽出降雨資料の標本統計量 (札幌)²⁾

特性量 統計値	ピーク雨量 (mm/hr)	総雨量 (mm)	降雨継続 時間 (hr)
最大値	50.2	293.0	72
最小値	2.0	2.9	3
平均値	9.48	48.3	21.1
変動係数	0.68	0.74	0.56
ひずみ係数	2.12	2.36	0.99

表-2 降雨特性量間の相関係数 (札幌)²⁾

特性量	ピーク雨量 (mm/hr)	総雨量 (mm)	降雨継続 時間 (hr)
ピーク雨量	1.00		
総雨量	0.596	1.00	
降雨継続時間	0.009	0.509	1.00

②流入量算出機構

図-1に示す流域、降雨特性値をモデルパラメータに組み込んだ貯留関数モデルに①で作成された降雨波形を入力して流入ハイドログラフの計算を行う。採用したモデルの有効性は、北海道における多くの洪水解析例で検証³⁾されている。ここでは、流域に起るハイドログラフを高精度で推定するプログラムを作成した。

$$\begin{cases} s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt} (q^{p_2}) & \dots\dots\dots (1) \\ \frac{ds}{dt} = r - q & \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

$$k_1 = 2.823 (n/\sqrt{i})^{0.6} A^{0.24} \dots\dots\dots (3) \quad k_2 = 0.2835 k_1 \bar{r}^{0.2648} \dots\dots\dots (4)$$

$$p_1 = 0.6 \dots\dots\dots (5) \quad p_2 = 0.4648 \dots\dots\dots (6)$$

ここで、s: 貯留高 (mm), q: 直接流出高 (mm/hr), r: 有効雨量 (mm/hr), t: 時間 (hr), k_1, k_2, p_1, p_2 : モデルパラメータ, n: 等価粗度 (m-sec 単位), i: 斜面勾配, A: 流域面積 (km²), $\bar{r}$: 平均有効雨量強度 (mm/hr)

図-1 採用貯留関数モデル

③ダム操作機構

ダム操作機構は、貯水位計算ブロック、洪水予測システムブロック、表示ブロックから成る。

1) 貯水位計算ブロック

貯水位、流入量、ゲート開度から貯水位を計算する。貯水位とゲート開度から放流量を求め流入量との差

分だけ貯水位が変化する。

2) 洪水予測システムブロック

シミュレーターが算出した洪水波形は演習者が事前に知る事ができない様になっている。したがって1～3時間後の流入量の推定値を知る必要のある場合(ただし書き操作開始のタイミング等), 意志決定の判断材料としての流入量予測値をなんらかの方法で知る必要がある。ここではカルマンフィルターを用いた洪水予測理論を採用し, 1～3時間後の流入量を予測するプログラムを作成した。

3) 表示ブロック

ダム諸量を表示するとともに, 洪水予測画面, ゲート操作画面の表示や切り替えを行う。

3. シミュレーターの概要

今回, 開発したシミュレーターの概要について述べる。シミュレーターのハードウェア環境は図-2に示すとおりで, 東芝の16ビットマシンUX300F IIを用いている。OSはUNIXでプログラムはFORTRANで開発している。

シミュレーターの概要を図-3に示す。初期設定画面上で初期値を設定するとシミュレーターは降雨を発生させ, 発生させた降雨からダム流入量を計算する。図-4に示すメインメニューがその後の演習の基本画面となる。メインメニューに降雨量, 貯水位, 流入量および画面選択用説明が示される。コンソールにはシミュレーション上の時刻と時間雨量, 貯水位などがシミュレーション時間で5分毎に更新され示される。演習者は両画面をみながら必要な操作を行う。例えば洪水予測を行うときはメインメニューで3を選択する。すると画面が切り替り, 図-5の洪水予測計算画面になる。ここで知りたい時刻までの推定降雨量(通常は前3時間の平均降雨量)を入力すると, コンピューターが洪水予測計算を行い結果を図-6のように示す。演習者はこの結果を参考とし, 例えばただし書き操作開始時間を予測する。また, ゲート開度を設定したければ, メインメニューで5を選択する。すると画面が図-7に示す放流量設定画面に切り替る。演習者は, 各ゲート毎に開度を設定する。シミュレーターは設定されたゲート開度を, それ以降のゲート開度とし, 貯水位を計算する。さらに演習者は定められたタイミングで各種の通報・警報などを行わなければならない。演習者がメインメニュー上で6を選択すると画面が図-8に示す通報・警報・報告等作業一覧画面に切り替る。演習者が作業内容を選択するとシミュレーターは作業時刻を記憶し, シミュレーション終了後に, 誤った時刻に作業を行っていないか, 忘れた作業はなかったかを一覧表にして出力する。出力結果を参考にして演習者は自己採点を行う。

あとがき

本シミュレーターを用いた演習では異常洪水(1/100超)を体験できる他, 誤った操作を行った場合どうなるかなどが手軽に体験できる。この事もシミュレーターの重要な機能と考える。

シミュレーターの今後の課題としては

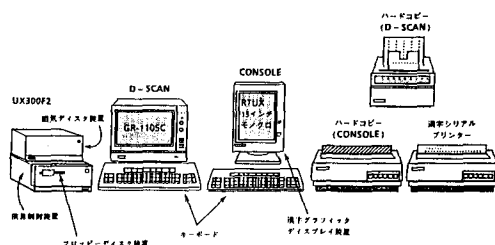


図-2 シミュレーターのハードウェア環境

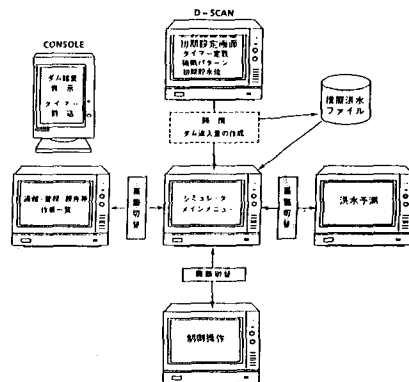


図-3 シミュレーターの概要

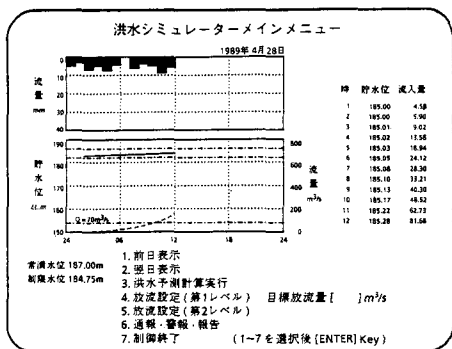


図-4 シミュレーターメインメニュー

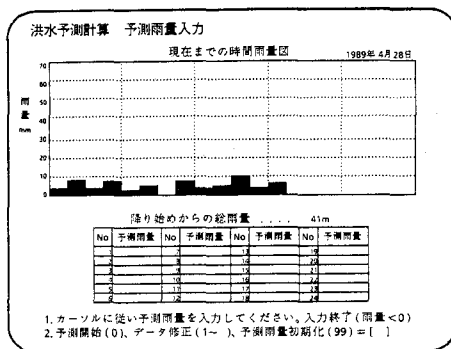


図-5 洪水予測計算画面

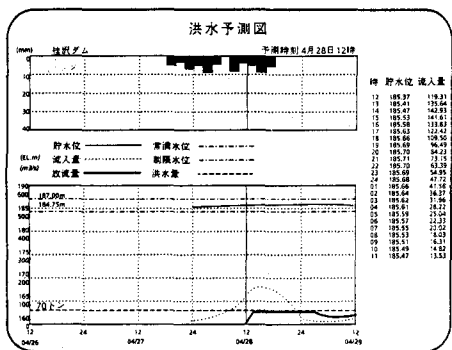


図-6 洪水予測計算結果画面

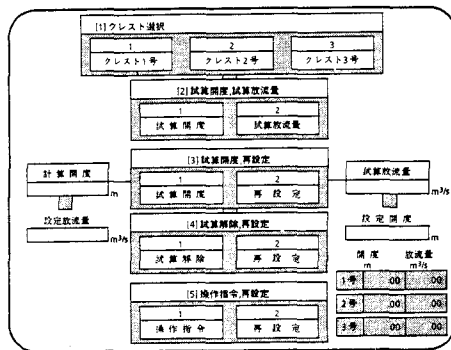


図-7 放流量設定画面

- ①演習に時間がかかる。現実で3日の洪水のシミュレーションするのに6時間かかる。これは時間経過を考慮したためである。このため本シミュレーターはシミュレーションを途中で中断し、継続スタートすることができるようになっているが、演習時間はいっと短縮する必要がある。
- ②操作性の向上が必要である。マウスが使えない、画面制御が難しいなどの原因により操作性が低下している。
- ③演習の評価法が確立していない。点数などで評価できるようにする必要がある。

などがある。これらの問題点の他、使用者の声もとり入れ、より良いシミュレーターを開発していく予定である。

最後に、本シミュレーター開発に際して、御協力をいただいたダム管理所職員の方々を始め関係諸氏に、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人全国建設研修センター：多目的ダムの建設第1巻，昭和63年2月25日
- 2) 七沢 馨，星 清：時間降雨の確率分布特性について，昭和61年度土木学会北海道支部年次技術発表会，論文報告集第43号，1987
- 3) 星 清，村上 泰啓：小流域における総合貯留関数法の開発，第30回水理講演論文集，1987
- 4) 星 清：洪水予測システムの基礎的検討（1），（2），北海道開発局土木試験所月報，No.385-386，1985
- 5) 星 清：洪水汎用シミュレーターの基礎的検討，第30回北海道開発局技術研究発表会，1987
- 6) 星 清，村上 泰啓：パソコンを用いたダム洪水訓練用シミュレーター，土木学会第43回年次学術講演会論文集，1988

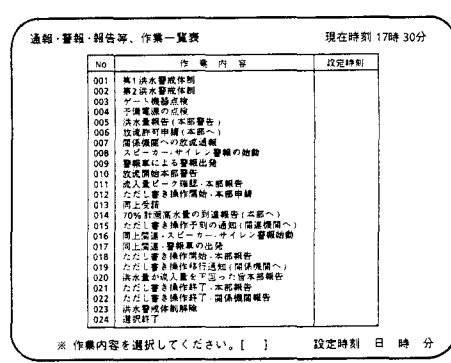


図-8 通報・警報・報告等作業一覧画面