

I-25 アナログ型洪水計算機による北上川洪水解析について

建設省・東北地方建設局 正員 狩野昇

1. まえがき 北上川上流部の複雑な流出現象の解析と、石湖、田瀬、湯田、四十四田、御所の五つの洪水調節ダム群の統合管理及び洪水予報を目的として、アナログ型電子計算機が昭和38年3月東北地方建設局岩手工事事務所に設置された。本論はこの計算機の概要、ユニットグラフの模擬、ブロック図の構成、等について述べ、さらにこのアナログ・コンピューターを使用して行った演算の一部について述べることにする。

2. 計算機概要 北上型洪水計算機は支川流出にはユニット・グラフ法を採用し、本川河道部演算には、開水路不定流偏微分方程式により、階差方程式に変換し演算を行うもので、支川数は24チャンネル、本川河道部は8つの地点の水位流量を同時に記録出来る能力を有している。その構成は次の3つの部分より成り立っている。

(1) 雨量函数発生部 有効雨量函数列を場所的及び時間的にシリーズにうすこむ、さんタイプライター。このテープをよみとる光電式テープリーダー、及びその読みとり量をメモリし、並列化すると共にD-A変換してアナコン本体に供給する雨量函数発生器とより成る。

(2) 計算機本体 演算増幅器、ポテンショメーター、函数発生器、函数乗算器、平方根発生器、ユニットグラフ発生器等、その他よりなり、専用汎用のプレパッチボードにより、以上の演算要素をプログラミングして、各種演算を行う。

(3) 記録部 4素子同時書ペンオシロ4台を有しており、同時に16箇の量が記録可能である。なお以上の外に、A/D R1台温度調整器1式を有している。

上記のとおり、本システムは、雨量データの処理にデジタル方式をとり、支川並に本川の演算及び記録にはアナログ方式をとった、ハイブリッド計算機といえる。

3. ユニットグラフの模擬

流出量を $g(t)$ とする

$$g(t) = \int_0^t U(t-\tau) R(\tau) d\tau \dots (1)$$

ただし $U(t)$: ユニット・グラフ

$R(\tau)$: 有効時間雨量函数

1 方自動制御工学における Real Convolution の定理は入力 $X(t)$ 、出力 $Y(t)$ 、重み函数 $W(t)$ (伝達函数 $W(s)$)とすると

$$Y(s) = W(s) \cdot X(s) = s \int_0^t w(\tau) X(t-\tau) d\tau$$

$$Y(t) = \int_0^t w(\tau) \cdot X(t-\tau) d\tau \dots (2)$$

式(1)と式(2)の数学的表示の同一性より、 $U(t)$ を伝達函数に変換し $R(t)$ を入力とすると、 $g(t)$ が出力として得られる。伝達函数としてはその形及び経済性よりして2次おくれとした。

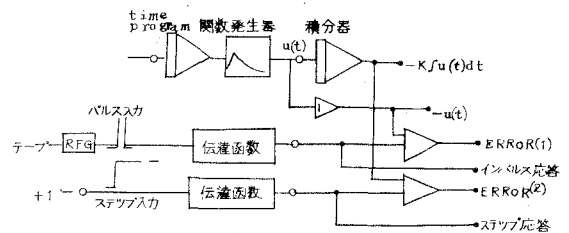


図-1

即ち $u(s) = \frac{1}{(Ts+1)(Ts+1)}$ 故 $u(x) = \frac{1}{\pi - \tau_d} (e^{-\frac{x}{\tau_d}} - e^{-\frac{x}{\tau_d}}) \dots \dots (3)$

g の単位として m/sec , R の単位として mm/ln A (流域面積) として km^2 とすると

$g(s) = 0.2778 A \frac{1}{(Ts+1)(Ts+1)} R(s) \dots \dots (4)$

T, τ_d は図-1 によりインパルス応答値, ステップ応答値それぞれの ERROR を描き、これらが最小となるよう T, τ_d 値を設定した。

4. ブロック図の構成

河道を流下する不定流の運動

を差分式と連続式を基本式とし、その階

差式を使用する。

即ち基本式として

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{V^2}{C^2 R} &= 0 \\ \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

H : 水位
 A : 流横
 Q : 流量
 x : 流下距離
 t : 横流入強度

階差式として

$$\left. \begin{aligned} F_n \sqrt{\frac{H_{n+1} - H_{n-1}}{\Delta x_{n-1} + \Delta x_n}} &= Q_n \\ \frac{dV_n}{dt} &= -(Q_n - Q_{n-1}) - g_n \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

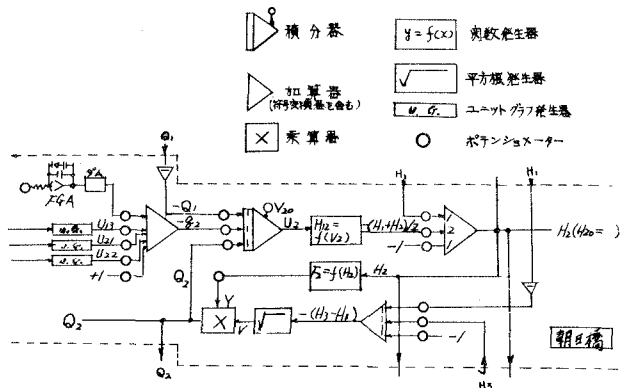


図-2

⑥式において $F_n = \frac{K_n A_n}{R_n}$ であり F は H の一価関数とした。 V_n は下流区間程記憶の規模が大きく、この現象を解析して計算にのせればよいと思はれるが、この場合 V も H の一価関数とすることは不可能となり計算式も複雑となるので V を $\frac{H_n + H_{n-1}}{2}$ の一価関数として取扱った。第一段階としての演算精度を得る事とした。これら F_n, V_n は関数発生器を用い折線近似で模擬した。入力としては雨量計せん孔テープにより、ダム収流波形は関数発生器のタイムプログラミングにより、又上流端条件として、 $Q_0, Q_1(x)$ (明治橋) を同様にして与えた。

図-2 にブロック図の一部を示したが、実際演算は、明治橋を上流端鉛子を下流端として、7 区間に区切って行なった。平均区間距離は 17 Km である。

5. 演算

上記ブロック図により、昭和 30 年 6 月洪水を計算した結果の一例を図-3 に示した。これをみて、デジタル計算による計算結果と同じく実測値と殆んど一致しており、又デジタル・アナログ両者による計算値と殆んど差はなく、このアナログが十分な精度を有する事が確認された。

6. おわりに

現在このアナコンを利用して過去の洪水の解析、凶凶前後の波形の変化、ダム調節効果等の演算を実施中であり、又洪水予報への応用も試みられている。なおこの計算機は東北地方建設局に設置された、アナコン製作小委員会において検討された結論に基づいて製作されたものである。

