

まえがき

今日、河川の洪水計画にダムによる洪水調節が導入され、また、改修にとりなう遊水効果の減少や内水排除の問題などが発生して、高水流量計画に当っては、複雑な河川水系網における洪水追跡計算を実施することが必要になってきている。一方、改修工事によっては経済的な対策を樹てることのできない異常な大洪水の発生や前述の洪水調節ダムの管理の問題は、洪水予報または予知のための迅速な洪水追跡計算法の確立を要求している。

このような情勢に対処するため、土木研究所水文研究室では、貯留関数法を基礎とした電子管式アナログ計算機について研究してきたが、昨昭和34年8月、流域・河道用^{*}の計算機が完成し、運転を開始した。以下、その概要についてのべる。

1. 基礎方程式と演算方式

筆者が提挙している貯留関数法の基礎方程式はつぎのとおりであって、この式は図-1のような流域や河道の単位区間毎に成立する。

$$\sum_{j=1}^n f_j \cdot I_j - O_t = \varphi(O_t) \frac{dO_t}{dt} \quad (1)$$

$$O_t(t) = O(t + T_t) \quad (2)$$

こゝに、

I_j : 流入量 (区分流域の雨量または支川流量
に対応する)

O : 流出量

f_j : 流入係数 (流入量のボリュームを調整する係数で、洪水毎に定数と仮定する)

$\varphi(O_t)$: 貯留関数 (流域または河道の貯留水量と流出量の関係を示す関数)

T_t : 遅滞時間 (洪水毎に一定値と仮定する)

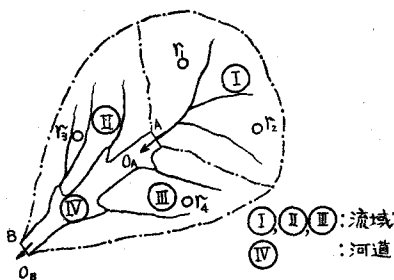


図-1 流域の模式図

この式の主要な特徴は、わが国の洪水流出の特性に従って、非線型性を導入し、かつ、水量について独自の線型仮定を採用していることであり、わが国の河川に対する適合性はすでに十分に検証している。

演算方式としては、電子管式アナログ微分解析器の方式を採用し、低速度型とした。これは、後述する解析計算における試算に適している点や基礎式が簡単で微分解析器の基本回路に一致している点などを考慮したものである。なお、京都大学や土研・河川研究室ですでに研究されている洪水用アナコンは、基礎式が複雑なので、直接相似方式を採用している。

2. 解析計算

洪水水文学にあつては、流入量および流出量の実測値から定数を解析することが問題の

^{*}人工操作のない自由放流ならば、貯水池に対しても適用できる。

重要な部分を占め、かつ、困難をとらなっている。よって、この計算機では、まず、定数の解析計算を行なう。

(1) 式を変形して積分すると、

$$\int \left(\sum_{j=1}^n f_j \cdot I_j - O_t \right) dt = \int \varphi(O_t) dO_t + C \quad (3)$$

よって、図-2の回路により、任意時間関数発生器で I_j および O_t を発生し、 I_j にはポテンシオメーターで f_j を掛け、 O_t は正負変換器で符号を変

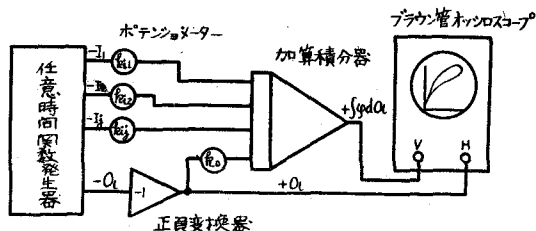
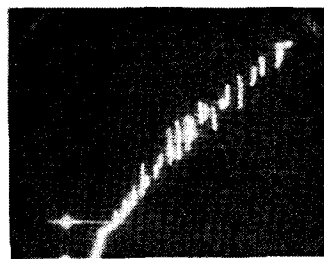
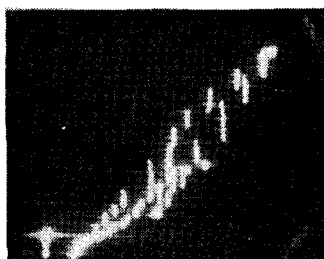


図-2 解析計算のためのブロック線図

えて加算積分器の入力側に加えれば、出力側に貯留関数の O_t による積分値がえられる。よって、それをブラウン管のY軸に加え、 O_t をX軸に加えて、このリサージュ図形が1個関数となるように、ポテンシオメーターの調整と π の切換を行なって、試算的に f_j および π を決定する。また、1個関数となったときのブラウン管上の図形が $\varphi(O_t)$ を与えるから、それを写真またはX-Yレコーダーで記録する。

図-3は図-4に示した筑後川の夜明ダム～瀬ノ下間の昭和32年8月洪水の解析におけるブラウン管上の貯留関数を示している。



3. 追跡計算

定数が解析されれば、(1) お

よび(2) 式は各単位区間について (a) I_1 (夜明ダム) のみの場合

(b) I_1 および I_2 (大板井) による場合

で確定するから、それらを連 図-3 筑後川・夜明～瀬ノ下間の貯留関数 (昭和32年8月洪水)

立にした回路を組み立て、最上流端の流入量を与えて、各単位区間の下流端における流出量を追跡計算する。

(2) 式は単なる時間ずれであるから、最下流端から流路にそって各 I_j に至る間の $\Sigma \pi$ だけ、それぞれの I_j の発生を遅らせておけばよいわけであり、各単位区間の回路は(1) 式を回路化して図-5のように構成される。この回路は、図-2の解析回路において、 O_t の発生を止め、ブラウン管の代りに折線近似関数発生器を接続して、そこに貯留関数を設定し、積分器の出力 $\int \varphi dO_t$ を O_t に変換して、積分器の入力にフィードバックするものである。なお、流出量の解は O_t をペンレコーダーで記録することによってえられる。

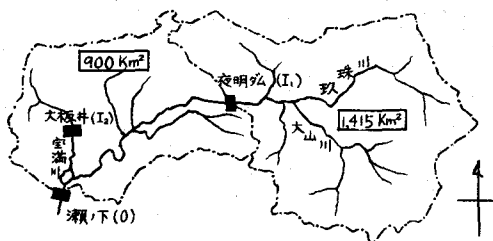


図-4 筑後川流域図

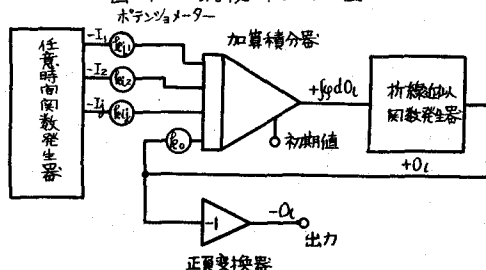


図-5 追跡計算のためのブロック線図

図-6はさきに示したと同じ筑後川の洪水につい

て追跡計算した結果を示したものである。

4. 構成と特徴

図-7 に示した装置の構成の概要はつぎのとおりであり、4つの単位区間を設定することが可能で、たとえば、さきに示した図-1の流域は図-8のように構成される。

i. 任意時間関数発生器 (1台)

51×51 区間の階段近似で、 I_f および O_i に相当するハイドログラフを4ヶぞりする。サーボ型であって、 T_i のため5区間だけ時間軸上で発生関数を平行移動できる。

ii. 加算積分器 (4台)

iii. 正負変換器 (2台)

iv. 加算器 (2台)

v. ポテンシオメーター (14個)

f_f 用 (10) および初期値設定用 (4)

vi. 折線近似関数発生器 (4台)

近似区間数6, 最大勾配 1:5

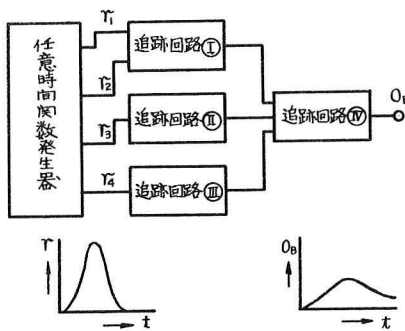


図-8 追跡計算のブロック線図

vii. リレーおよびインピーダンス盤 (1式)

viii. 制御盤 (1台)

ix. 電源 (1式)

x. ブラウン管オシロスコープ (1台)

5", 残光性

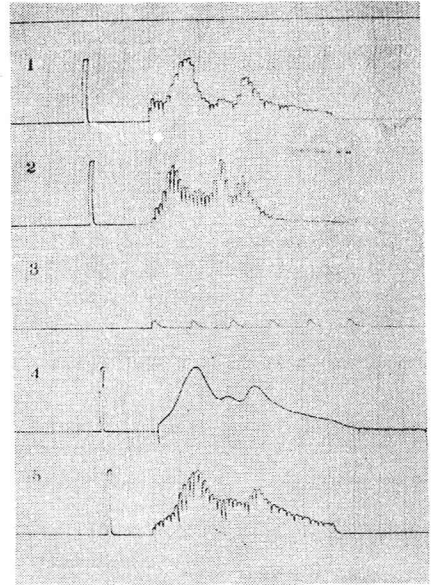
xi. ペンレコーダー (1台) 6チャンネル

この計算機の1回の演算所要時間は5秒で、解析計算ではこれを繰返し、追跡計算では1回のみで繰返さない。

各部の精度は0.5%であるのに対して、時間関数発生器のみは2%の設定精度であるが、発生関数 I_f は被積分関数であるから、追跡計算の解における精度は充分1%以下を期待できる。

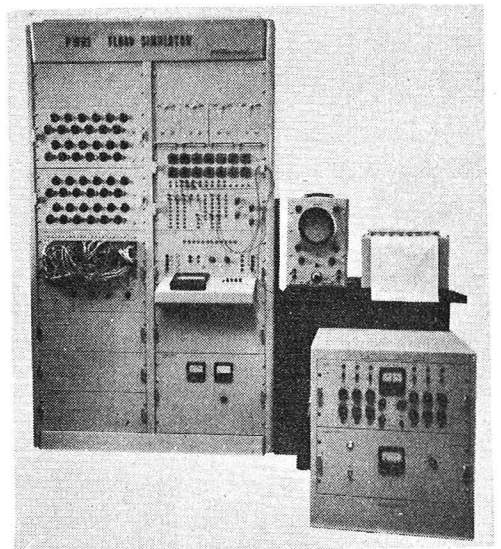
5. 計算機を応用した解析法

河川計画への一般的応用については広く研究を進めているが、こゝでは、計算機の利用によって試算が容易となったことに着目した洪水流出解析法の二



- 1. 夜明(本川)の流量 I_1 [実測]
- 2. 大板井(支川)の流量 I_2 ["]
- 3. タイマー7(1秒)
- 4. 瀬下の流量 O [計算]
- 5. " [実測]

図-6 追跡計算結果の記録



左: 本体

右上: ブラウン管とペンレコーダー

右下: ペンレコーダー用増中器

図-7 洪水流出計算機 (No.1)

三を紹介する。

1. 残流域のある河道区間の解析

河道の洪水追跡では、流出量の測定されていないいわゆる残流域が存在する場合が非常に多い。したがって、流入量として、河道上流端からの流入量と残流域の流域平均雨量が与えられている場合の定数解析法が望まれる。

この場合、雨量は残流域に対応する流域追跡区間を経て河道に入るものと考え、図-9のような回路を組んで、流域平均雨量の流入係数、残流域および河道の遅滞時間、残流域の貯留関数などを、試算的に、河道の貯留関数が流出量の1価関数となることを条件として解析する。たゞ、このまゝでは未知数が多すぎるので、計算機を用いても試算が困難であり、筆者が現在研究中の流域の総合貯留関数を利用して、未知数を減少しておくことが必要である。

II. 流量測定結果のない地点による流域の分割

これは、図-10のように、流量の測定されていない地点Bで流域を分割して解析する場合であって、このような例はB地点に新規にダムを計画する場合や地形地質などの特性上流域を分割して解析する方が望ましいがB地点の流出量は観測されていないような場合に見られる。

この場合には、図-11のような回路で、流域の貯留関数が1価関数となることを条件として、B地点上流流域およびA-B間の残流域の流入係数・貯留関数・遅滞時間ならびに河道の遅滞時間を解析することになるが、B地点の流量が未知であるから、前例の場合よりも一層解析は困難となる。したがって、この場合も、流域の総合貯留関数を利用して未知数を減少することが必要である。

あとがき

水文研究室では、この計算機の河川計画・洪水予報・ダム管理などへの応用について研究するとともに、こゝで述べた流域・河道用計算機を中核として、さらに、内水および遊水の機構やダムの人工操作を設定する装置について研究し、河川水系網の洪水流量計画を一般的に処理する Large-Scale-Flood Simulator を開発したいと考えている。

終りに、この計算機の完成は、元河川部長佐藤清一博士、河川部長竹内俊雄技官ならびに、経済企画庁、河川局、九州地方建設局の関係者の方々に負うところが多い。こゝに記して謝意を表す。また、製作に協力された日立製作所に感謝する。

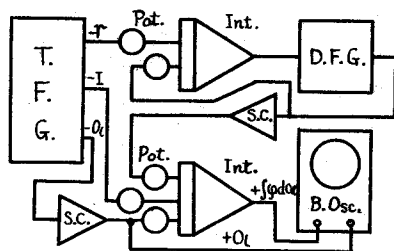


図-9 残流域解析のプロック線図

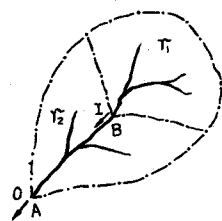


図-10 流量未知の地点B
による流域の分割

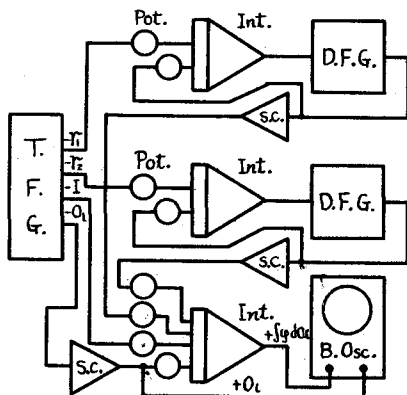


図-11 流量未知の地点で流域を分割
して解析するためのプロック線図