

## Dynamic Programming による DAM の適正操作に関する研究。

—特に山口県佐渡川水系について—

山口大学工学部 正会員 金山和雄  
(株)フジタ工業 正会員 O寺田 穰  
山口大学工学部 正会員 藤原輝男

1. まえがき. 近年我が国の国土開発は急激に進み, 河川の流出特性が変化し洪水の頻度が大きくなり, 又生活文化, 産業の発達等で水の需要が増大し水資源の適正な control が有効利用の必要性が叫ばれる様になった。このため一河川系に複数の Dam が築造される傾向にある。このような Dam 群の機能を有効に発揮させるためには, Dam 相互の関係を考慮した Dam の適正操作が不可欠の条件である。そこで著者はダムにおよぶ洪水調節の制御過程である事に着目し Dynamic Programming の手法を用いダム操作のあり方について考察した。DP に必要な水文学はタンクモデル法, 及び逐次近似計算法による洪水追跡により計算した。対象流域は山口県佐渡川水系である。

## 2. Dynamic Programming の理論.

DP とは時間的・空間的に段階の最適問題を扱う数学的手法であり, 最適性の原理<sup>1)</sup>に基本を置くものである。その概要は以下に示す。最適制御系の状態ベクトル, 制御ベクトル, 外乱ベクトルをそれぞれ  $x(t)$ ,  $u(t)$ ,  $z(t)$  とすると系の性状を表現する微分方程式は次式と与えられる。

$$\frac{dx}{dt} = G(x, u, z, t) \quad (1)$$

(1) 式を各時点での制御系に課せられた拘束条件  $g(u) \leq 0$  の下で初期状態  $x(0) = C$  とし, 目的函数

$$J(u) = \int_0^T F(x, u, z) dt \quad (2)$$

を最小にする制御ベクトル  $u(t)$  ( $0 < t < T$ ) を決定する事が DP の問題である。これらの理論をダム群による洪水制御の問題に適用して見ると状態ベクトル  $x(t)$  に対しては各ダムの貯水量  $S_k$  ( $k=1, 2, \dots, N$ ) が制御ベクトル  $u(t)$  には各ダムの放流量  $O_k$  ( $k=1, 2, \dots, N$ ) が, 外乱ベクトル  $z(t)$  には各ダムへの流入量  $I_k$  ( $k=1, 2, \dots, N$ ) 及び残流域流量  $q_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) がそれぞれ対応する。よってこの系の性状を表現する微分方程式は次式となる。

$$\frac{dS_k}{dt} = I_k - O_k \quad (3)$$

拘束条件として, 各時点の放流能力の制限があり次式となる。  $O_k \leq g_k(S_k)$  (4)

ここに  $g_k$  は  $S_k$  に固有なものである。

初期状態として各ダムの初期貯水量 (又は最終貯水量) とし次式となる。

$$S_{k0} = C_{k0} \quad (\text{又は } S_{k0} = C_k) \quad (5)$$

これらの条件の下で目的函数

$$J(u) = \int_0^T F(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) dt \quad (6)$$

を最小とする  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$  を決定する事である。ここに  $F$  を次の様に定義する。

$$F(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = \sum_{i=1}^n D_i(Q_i(t)) \quad (7)$$

$D_i$  は評価地帯における通過流量  $Q_i(t)$  によって起る被害を表現する指標である。この指標函数に対して今回は次式を用いた。

$$D_i(Q) = Q^2 / 100 \quad (8)$$

これらの式を離散的表現になおし, 山口県佐渡川水系に適用するためにダム, 1 評価地帯に定式化して解析を進めた。解析にあたっては, 残流域によるダム下流の流量増はすべて支川流入による。洪水の流下合流機構は様式とするとき仮定に従った。又ダムへの流入量を評価地帯での放流量の評価はタンクモデル法及び洪水の逐次近似計算法によった。

## 3 対象とした流域

対象とした佐渡川は流域  $446.1 \text{ km}^2$ , 幹線流路長  $56 \text{ km}$  の一級河川である。この流域中央部の堀に評価地帯を設け上流の佐渡川ダムによる放流量と支川である島地川からの流量による堀地帯の安全性に検討を加える。

佐渡川ダムの集水面積は  $88.4 \text{ km}^2$ , 島地川は  $128.42 \text{ km}^2$  残流域面積は  $120.93 \text{ km}^2$  である。

#### 4 DPRによる洪水制御の計算結果

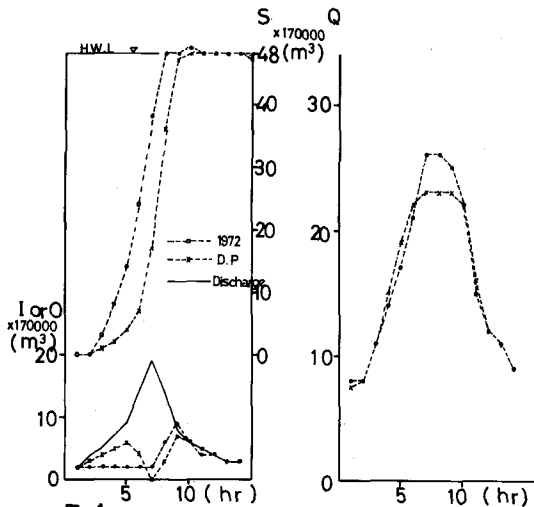


Fig-1 The execution result of 1972 flood by D.P.

Fig-1は昭和47年7月11日～12日の洪水時のダム操作とD.P.の計算結果を比較したものである。これによるとD.P.によるダム操作は不慮率貯留となる。又放流量の総和は両者に大差がないが、評価地奥である域における洪水ピーク流量ははるかに小さく制御されている事からD.P.による操作がより安全である事を示している。Fig-2は対象流域に250年確率、100年確率の降雨を連続して降らせてD.P.により操作をした場合を示したものである。これによるとニ山沢形の降雨を迎えた場合でも評価地奥の洪水ピークを、その奥の通水能力(単位30)よりもはるかに小さくおさえが、洪水制御終了時にはダムは満水状態を保持している事がきえる。これらの事はダムの初期水値が異なる場合でもきえる。Fig-1, 2より、D.P.によるダムの操作が有用である事がきえる。また多くの河川調査を残しているが、ダム操作の一つの手法としてD.P.が挙げられる。

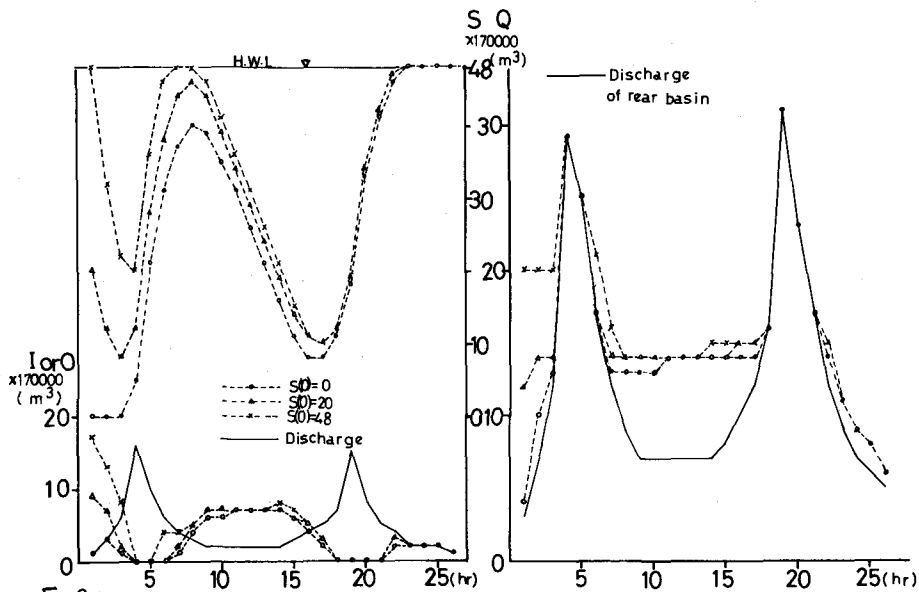


Fig-2 The execution result of 1/250 and 1/100 probable rainfall by D.P.

#### 5 おまけ

1. ダム、1. 評価地奥の場合について解析を行った結果を得た。1) D.P.による放流系列によれば、評価地奥流量は平滑化される。2) 異常洪水に対しても比較的対応が可能と言える。3) D.P.による洪水制御を行えば従来の紙型方式から適流制御への可能性が充分ある。

#### 6 参考文献

- 1) 佐藤清一、技術者のための水理学、森北、1973年
- 2) 木下武雄、1964年度水工学に因る夏期研究会講義集、土木学会、1968年
- 3) 高橋政馬、京都大学防災研究所年報、昭和45年3月

(昭和50年3月28日)