

# ダム建設の最適位置と最適容量

伊藤 弦, 柳井 浩

## 1. はじめに

東部ヒマラヤ山中に源を発するコシ河は、幾多の支流を集めてネパール国内を南に下り、インドに至ってガンジスに合流する。この水系に多数のダムを建設、治水・治水・発電・灌漑に役立てる計画がある [1]。

しかし、水系は複雑でその各所に治水・治水の対象があり、ダム建設の候補地がある。それぞれについて規模、技術的制約、費用と効果、そして住民と環境への影響が問題になる [2]。総合的な水資源開発計画においては、これらが総合的に把握され、限られた資金の下で適切な場所と規模のダム建設が求められる。

本研究は、このような問題をごく基本的な構造においてとらえ、ダム建設の最適な候補地と規模の求め方、およびその最適解がもつ特性を論じたものである。すなわち、水系の構造は任意の形を想定しつつも、水量は雨期および乾期における2水準とし、洪水や渇水を防ぐという治水目的に視点を置いてモデルを組み立てた。

くわしい現実のデータが得にくかったゆえもあるが、基本的なアプローチを確立し、問題点を浮かび上がらせることに研究の主眼をおいたため、適切な治水を満足するような流量が得られないときの、不満足の度合いを表わすリグレット関数、ダムの建設費用、およびその他のパラメータとしては典型的と思われる形と数値を仮定して議論を進めた。

このように構造を単純化し、数値を仮定しての議論だが、定式化と最適化の方法の確立の他に資金の逐次投入、目標設定等において留意すべき問題点が明確になった。

## 2. 流量のモデル化

### 2.1 流量のモデル化

降水量の季節変動を観察してみた所(図2 [3])、この水

いとう げん NEC我孫子事業所  
〒270-11 我孫子市日の出1131  
やない ひろし 慶應義塾大学理工学部管理工学科  
〒223 横浜市港北区日吉3-14-1  
受付：95.9.5 採択：96.1.19

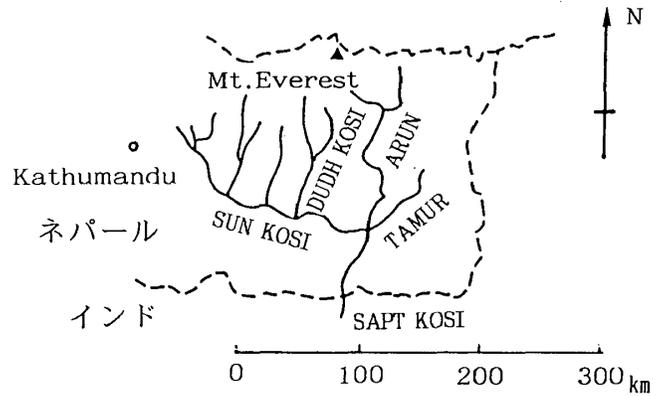


図1 コシ河流域

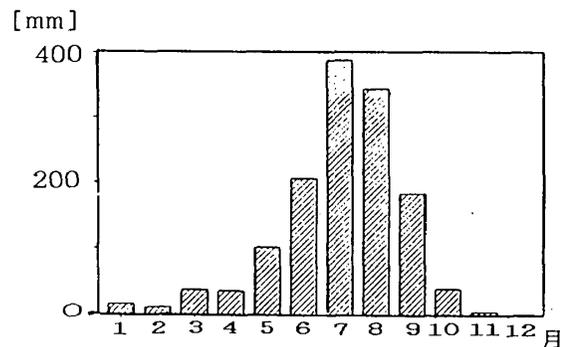


図2 カトマンズ(1951~60年)の月平均降水量

系における降水量はごく大ざっぱに言って、雨期(6月~9月)と乾期(10月~5月)の2水準の間を往復することがわかった。

一方、流量の季節変動は、①流量の大部分は降雨後速やかに流出する‘直接流出’から成ること、また②本研究が1年間という比較的長い期間で流量の時間変化を捉える視点に立つことから、流量が毎年、雨期の増水時と乾期の渇水時の2水準の間の往復を繰り返すものとした。また、その増水および渇水期間も全地域にわたって同期しているものとした。

すなわち、この水系の時刻 $t$ (単位:年)における流量 $r(t)$ を次のようにモデル化した(図3)。

$$r(t) = \begin{cases} u(\text{雨期流量}) & t - [t] \in [0, t_r) \\ v(\text{乾期流量}) & t - [t] \in [t_r, 1] \end{cases} \quad (1)$$

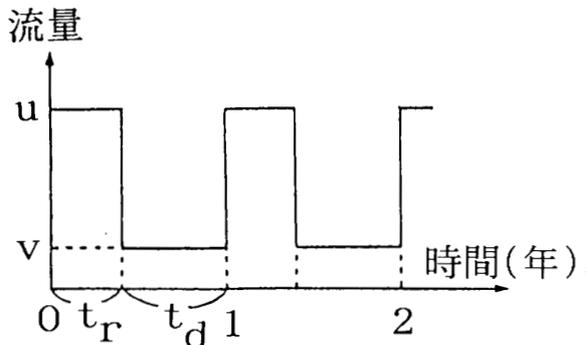


図3 ハイドログラフ

## 2.2 流量ベクトル

前述のように、ある地点における流量の季節変動は雨-乾両期における流量 $u$ および $v$ によって特定されるから、これをまとめて、

$$u = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} \quad (2)$$

と記し、ある地点における流量ベクトルと呼ぶ。

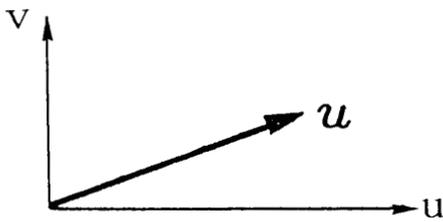


図4 流量ベクトル

### (a) 河川の合流

河川1と2が合流して河川3になる場合、その直前の河川1,2の流量ベクトルを $u_1, u_2$ 、合流直後の河川3の流量ベクトルを $u_3$ とすれば、明らかに次式が成立する。

$$u_3 = u_1 + u_2 \quad (3)$$

### (b) 地域の降雨による増水

増水-渇水の期間が共通という条件の下では、降雨による増水も、このベクトルに相当する流量をもつ仮想的な河川が合流するものと考えればよい。すなわち、この区間の上(下)流端における流量ベクトルを $u_u$  ( $u_l$ )とし、増水ベクトルを $u_i$ とすれば、

$$u_l = u_u + u_i. \quad (4)$$

## 3. 治水目的ダム

### 3.1 ダムによる流量の調整

本研究ではダムの目的を治水という視点に定めて議論を進める。この場合の流量の調整法として、ここでは雨期を通じて貯えた水を、乾期の間一様な流量で放流するという最も基本的な方法を考える。

このとき、ダムの直下の流量もやはり一つの流量ベクトルで表される。いま、流量ベクトルが

$$u = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} \quad (5)$$

である河川に

$$c : \text{ダム容量} \quad (0 \leq c \leq t_r u) \quad (6)$$

というダムを建設し、上記の調整を行うとき、水の損失を無視すれば、ダム直下における流量ベクトル

$$u' = \begin{pmatrix} u' \\ v' \end{pmatrix} \quad (7)$$

は、

$$\begin{cases} u' = u - \frac{c}{t_r} \\ v' = v + \frac{c}{t_d} \end{cases} \quad (8)$$

によって与えられる(図5参照)。ここに、 $u'$ および $v'$ を、ダム建設後の雨期および乾期の流量と呼ぶ。

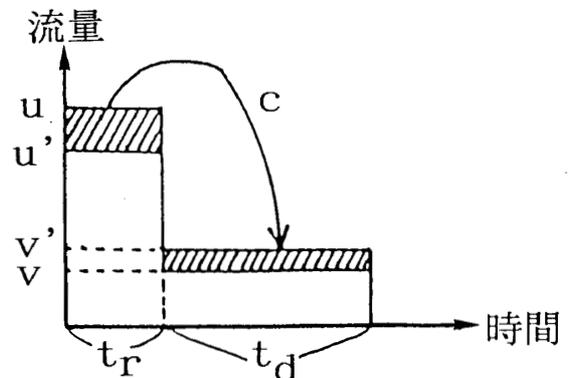


図5 ダムによる流量の調整

(8) 式の関係を保つベクトルによって示せば、

$$u' = u + cb \quad (9)$$

となる。ここに $b$ は、ダムの容量あたりの流量変化を表すベクトルである。

$$b = \begin{pmatrix} -\frac{1}{t_r} \\ \frac{1}{t_d} \end{pmatrix} : \text{単位容量あたりの流量変化} \quad (10)$$

ところで、上述のごとくに貯えた水に損失がなければ、ダムの上下流の間で年間総流量には変化がない筈であるから、次の関係が成立する。

$$R = t_r u + t_d v = t_r u' + t_d v' \quad (11)$$

ここに、 $R$ は年間総流量である。

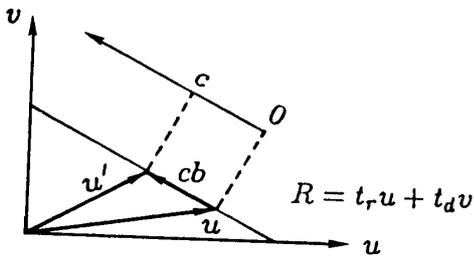


図6 ダムによる流量変化

いいかえれば,  $u$ - $v$  直交座標平面上で,

$$R = t_r u + t_d v \quad (12)$$

という直線(図6)を考えると, ダムの上下における流量ベクトルの変化は, この直線(等-総流量直線と呼ぶ)の上における左上への移動に対応している. (9) 式が示す通り, その移動距離はダムの容量に比例するから, 等-総流量直線上適切な単位( $R$ の値にかかわらず共通)で目盛りをふれば, この移動距離が直接ダムの容量を示すようにできる. 以下, 本稿ではそのように考えることにしよう.

### 3.2 総ダム容量

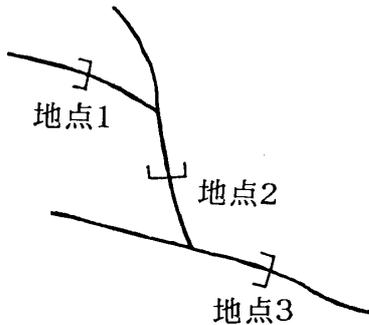


図7 ダム建設候補地をもつ水系

図7のような水系を例にとろう. 水系の構造が異なっても定式化の方法は同様である. 図7の水系において, ダム建設の候補地  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) において, ダム建設前に

$$u_i : \text{地点 } i \text{ における流量ベクトル} \quad (13)$$

という流量があるものとしよう. これらの地点に

$$c_i : \text{地点 } i (i = 1, 2, 3) \text{ に建設するダムの容量} \quad (14)$$

のダムを建設, 流量を調整すれば, 各地点のダム直下の流量は

$$\begin{aligned} u_1' &= u_1 + c_1 b \\ u_2' &= u_2 + (c_1 + c_2) b \\ u_3' &= u_3 + (c_1 + c_2 + c_3) b \end{aligned} \quad (15)$$

となる. 上流に建設されたダムの治水効果はそのまま下流に移行されるからである.

(15)の各式における  $b$  の係数をまとめて

$$\begin{aligned} y_1 &= c_1 \\ y_2 &= c_1 + c_2 \\ y_3 &= c_1 + c_2 + c_3 \end{aligned} \quad (16)$$

という変数を定義し, これらを地点  $i$  における総ダム容量と呼ぶことにしよう. すなわち, ダム1からダム  $i$  までのダム容量の合計である. この変数を使えば(15)式は次のように書ける(図8).

$$\begin{aligned} u_1' &= u_1 + y_1 b \\ u_2' &= u_2 + y_2 b \\ u_3' &= u_3 + y_3 b \end{aligned} \quad (17)$$

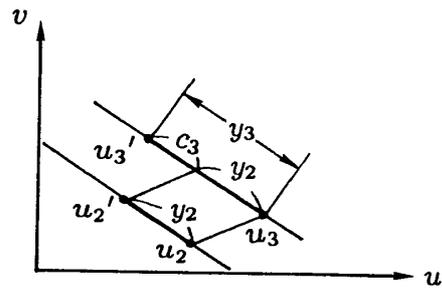


図8 総ダム容量

### 3.3 治水の効果とその評価

前節までに述べた, ダムによる流量ベクトルの変化を, 治水効果として評価する方式を導入しよう.

#### (a) 洪水線・渇水線

雨期の流量がある一定値を上回ることがなく, また, 乾期の流量がある値を下回ることがなければ, 洪水や渇水はない. それらを  $\hat{u}$  および  $\hat{v}$  とし, それぞれ洪水限界流量, 渇水限界流量と呼ぶ. すなわち,

$u > \hat{u}$  のときには洪水が発生する

$u \leq \hat{u}$  のときには洪水は発生しない.

また,

$v < \hat{v}$  のときには渇水状態になる

$v \geq \hat{v}$  のときには渇水状態にはならない.

これを例示したのが図9であるが, ここで

直線  $u = \hat{u}$  を洪水線

$v = \hat{v}$  を渇水線

と呼ぶ.

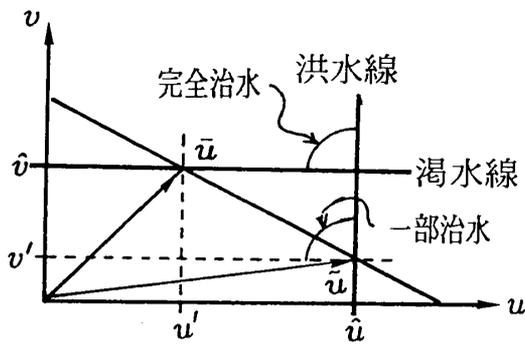


図9 洪水線・渴水線

さらに、洪水、渴水のいずれか一方を防ぐことを一部治水、双方を防ぐことを完全治水と呼ぶことにすれば、その限界は次のベクトルによって与えられる。

$$\begin{aligned} \bar{u} &= \begin{pmatrix} \min(u', \hat{u}) \\ \max(v', \hat{v}) \end{pmatrix} : \text{完全治水時流量ベクトル} \\ \tilde{u} &= \begin{pmatrix} \max(u', \hat{u}) \\ \min(v', \hat{v}) \end{pmatrix} : \text{一部治水時流量ベクトル} \end{aligned} \quad (18)$$

ここに

$$\begin{cases} u' = \frac{R - t_r \hat{v}}{t_r} \\ v' = \frac{R - t_r \hat{u}}{t_r} \end{cases} \quad (19)$$

である。また、

$$\begin{cases} \bar{u} = u + \bar{y}b \\ \tilde{u} = u + \tilde{y}b \end{cases} \quad (20)$$

となる $\bar{y}$ および $\tilde{y}$ を、それぞれ完全治水容量および一部治水容量と呼ぶ。

#### (b) リグレット関数

上記のような完全な治水が実現可能ならばよいが、実際問題としては、地形上・技術上の問題、あるいは資金や資材や労働力等の制約により完全を期せないことがある。そのような場合、ダム候補地が1ヶ所ならば、可能な限り大きなものを作る他はないのだが、複数ヶ所になると、資金の配分の問題が生ずる。そのため不完全な治水についても、その‘満足度’、あるいは‘不満足度’が全体的な立場から比較され得る形で評価されねばならない。

前項で述べたように、一般にあるダム直下の治水効果は、最上流からそのダムまでの総ダム容量 $y$ によって定まる。総ダム容量の増加にしたがって不満足度は減少し、完全治水容量に至ってゼロとなる。このような一般的な考察に顧み、本研究では不満足度を表すリグレット関数をとりあえず次のように設定する。

$$g(y) = \begin{cases} (\bar{y} - y) + (\tilde{y} - y) & (0 \leq y \leq \bar{y}) \\ \tilde{y} - y & (\bar{y} \leq y \leq \tilde{y}) \\ 0 & (\tilde{y} \leq y) \end{cases} \quad (21)$$

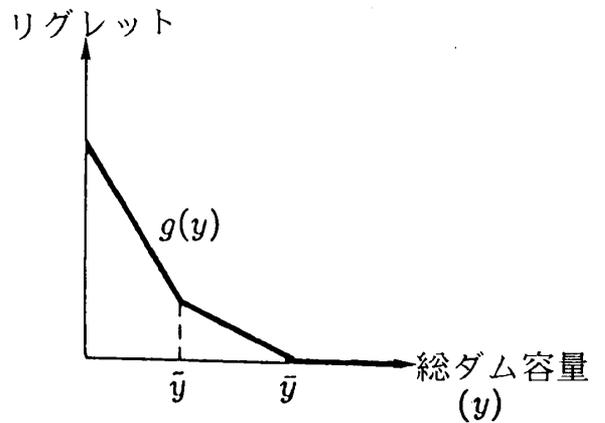


図10 リグレット関数

### 3.4 ダム建設費用

ダム建設にかかる費用としては、固定費と、ダム容量に応じて増加する変動費を考えよう。特に、変動費が容量に比例するものとすれば、

$$\rho(c) : \text{容量 } c \text{ のダムの建設費用} \quad (22)$$

は

$$\rho(c) = \begin{cases} \alpha + \beta c & (0 < c \leq c_m) \\ 0 & (c = 0) \end{cases} \quad (23)$$

と書ける。ここに、

$$\begin{aligned} \alpha &: \text{固定費} \\ \beta &: \text{単位容量あたりの建設費} \end{aligned} \quad (24)$$

であり、また

$$c_m : \text{地形上・技術上可能な最大ダム容量} \quad (25)$$

である。

#### ダム建設費用

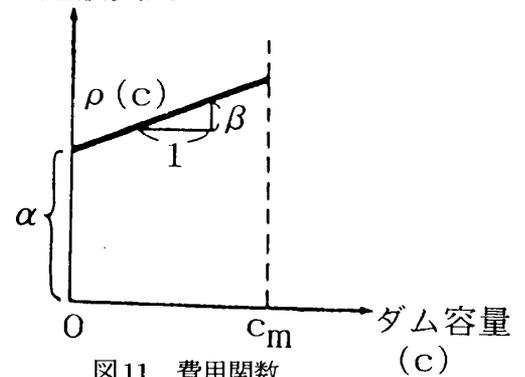


図11 費用関数

### 4. 総合治水計画

いま、いくつかのダム建設候補地をもつ水系において、最適なダム建設の問題を考えよう。すなわち、各候補地におけるダム容量を全体的に見て最適になるように決定する問題を扱う。ここでは図7のような水系の、地点1,2および3がダム建設候補地であり、また、ここが

治水の対象である場合について考えよう。他の場合についても同様の定式化が可能である。

これらの候補地について、以下の値が与えられているものとする。

$$\begin{aligned}
 u_1, u_2, u_3 & : \text{地点1,2,3における流量ベクトル} \\
 \bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3 & : \text{完全治水容量} \\
 \tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \tilde{y}_3 & : \text{一部治水容量} \\
 \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 & : \text{ダム1,2,3の固定費} \\
 \beta_1, \beta_2, \beta_3 & : \text{容量あたりの建設費} \\
 c_{m1}, c_{m2}, c_{m3} & : \text{最大ダム容量}
 \end{aligned} \tag{26}$$

また、各候補地に建設するダムの容量を

$$c_1, c_2, c_3 : \text{地点1,2,3に建設するダムの容量} \tag{27}$$

とする。

#### 4.1 完全治水の可能性

総合治水計画をめぐってまず問題になるのは、すべての候補地に、技術的・地理的に可能なかぎり最も大きな容量のダムを建設しても、完全な治水が達成できないのではないかという点である。これを調べることは、しかし、困難ではない。すなわち、各候補地において建設するダムの容量を

$$c_i = c_{mi} \quad (i = 1, 2, 3) \tag{28}$$

として、前節までに説明してきた方法によって各地点における流量ベクトルを順次作図し、各流量ベクトルが洪水線・渇水線の左上側(安全側)に入っているか否かを見ればよい。一例を図12に示すが、このような図は、問題の所在を一目でわからせてくれる。

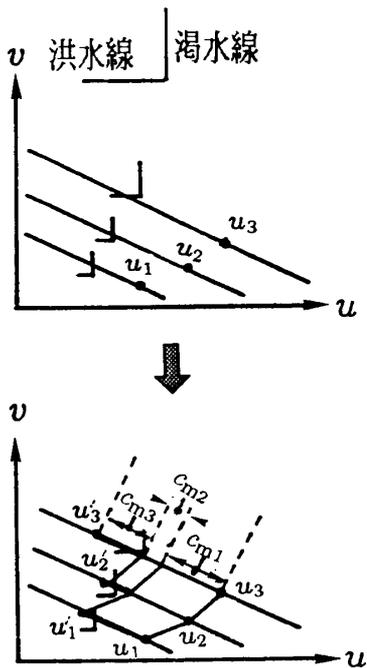


図12 完全治水の可能性

#### 4.2 リグレットを最小にするダム建設計画

完全な治水が達成し得るものならば、最小の費用でこれを実現する方法が問われる。完全な治水が達成し得ないものならば、条件の許す範囲で最も満足度の高い計画を得る方法が求められる。これらの問題は、しかし、次に述べるように、与えられた費用の下で全体のリグレットを最小にする問題を、費用をパラメーターとして解く問題に一括される。

ここでもまた、図7の水系と候補地を例にとろう。各候補地に  $c_i (i = 1, 2, 3)$  の容量をもつダムの建設を計画すれば、各ダムの建設費用は  $\rho_1(c_1), \rho_2(c_2)$  および  $\rho_3(c_3)$  となる。また各地点における総ダム容量は

$$\begin{aligned}
 y_1 &= c_1 \\
 y_2 &= c_1 + c_2 \\
 y_3 &= c_1 + c_2 + c_3
 \end{aligned} \tag{29}$$

となるから、各地点におけるリグレットはそれぞれ

$$g_1(y_1), g_2(y_2) \text{ および } g_3(y_3) \tag{30}$$

であり、ダムの建設費は次のように書きなおせる。

$$\rho_1(y_1), \rho_2(y_2 - y_1), \rho_3(y_3 - y_2) \tag{31}$$

いま、この計画全体のリグレットを、各地点におけるリグレットの和によって評価するものとし、総費用が  $x_3$  という値(パラメーター)になるという条件の下では、我々の問題は次の数理計画問題になる。

$$\text{目的関数 : } g_1(y_1) + g_2(y_2) + g_3(y_3) = \min! \tag{32}$$

ここに、

$$g_i(y_i) = \begin{cases} (\bar{y}_i - y_i) + (\tilde{y}_i - y_i) & (0 \leq y_i \leq \bar{y}_i) \\ \bar{y}_i - y_i & (\bar{y}_i \leq y_i \leq \tilde{y}_i) \\ 0 & (\tilde{y}_i \leq y_i) \end{cases} \tag{33}$$

制約条件 :

$$\rho_1(y_1) + \rho_2(y_2 - y_1) + \rho_3(y_3 - y_2) = x_3 \tag{34}$$

$x_3$  : (地点3までの)総費用

$$0 \leq y_1 (= c_1) \leq c_{m1} \tag{35}$$

$$0 \leq y_2 - y_1 (= c_2) \leq c_{m2} \tag{36}$$

$$0 \leq y_3 - y_2 (= c_3) \leq c_{m3} \tag{37}$$

#### 4.3 動的計画法による定式化

このような数理計画の問題は関数  $g_i$  や  $\rho_i$  の形からして、0-1変数を含む線形計画の問題として解くこともできる。しかし、実際の問題への適用ということを考えると、これらの関数の持つ非線形性がさらに複雑になるこ

ともあり得る。また、単に最適解そのものばかりでなく、それがもつ性質に関するくわしい知識も得ておきたい。こんな点から、本研究ではこの問題に対して動的計画法による接近を試みる<sup>†</sup>。

$$f_i(x_i, y_i) = \min \{ g_1(y_1) + g_2(y_2) + \dots + g_{i-1}(y_{i-1}) + g_i(y_i) \} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} & \rho_1(y_1) + \rho_2(y_2 - y_1) + \dots + \rho_i(y_i - y_{i-1}) = x_i \end{aligned}$$

とすれば、関数  $f_i(x_i, y_i)$  の間に次の動的計画法の漸化式が成立する。すなわち

$$f_i(x_i, y_i) = g_i(y_i) + \min_{x_{i-1} + \rho_i(y_i - y_{i-1}) = x_i} f_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1}), \quad (39)$$

とくに  $i = 1$  の場合には

$$f_1(x_1, y_1) = g_1(y_1) \quad (40)$$

となり、境界条件をなす。この関係式における未知関数  $f_i(x_i, y_i)$  を最小総リグレット関数とよぼう。これは次のような意味をもつ。

$f_i(x_i, y_i)$  : ダム  $i$  までの建設費が  $x_i$  であり、ダム  $i$  までの総ダム容量が  $y_i$  という条件下における最小総リグレット。  
(41)

ところで、本節で定式化したのは、図7のような直列型の水系に関するものであり、このような水系についてならば、候補地の数がふえても、動的計画法における段階の数をふやせばよい。また、さらに複数の水系が合流する場合についても、各水系についての最小総リグレット関数を適宜合成して、全体についての最小リグレット関数を定式化できる。

#### 4.4 数値例とその解釈

本節では、1つの数値例を想定し、上記の動的計画問題の最適解を求め、これを通じて本研究の問題の最適解がどのような性質をもち、実際の場面において顧慮すべき問題点が何処にあるのかをうかがうことにする。すなわち、次のような数値例を考えよう。

費用関数  $\rho_i(c_i)$  (図13)

$$\rho_1(c_1) = \begin{cases} 100 + 10c_1 & (0 < c_1 \leq c_{m1} = 50) \\ 0 & (c_1 = 0) \end{cases} \quad (42)$$

$$\rho_2(c_2) = \begin{cases} 100 + 4c_2 & (0 < c_2 \leq c_{m2} = 50) \\ 0 & (c_2 = 0) \end{cases} \quad (43)$$

$$\rho_3(c_3) = \begin{cases} 200 + 10c_3 & (0 < c_3 \leq c_{m3} = 100) \\ 0 & (c_3 = 0) \end{cases} \quad (44)$$

<sup>†</sup>以下の動的計画法の漸化式の最小化には(35)~(37)式に対応する制約条件も附すべきであるが、見にくくなるので省略した。

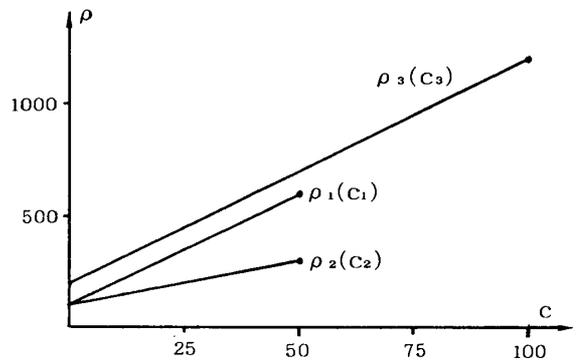


図13 数値例

完全治水容量  $\bar{y}_i$  および一部治水容量  $\tilde{y}_i$  (図13)

$$\bar{y}_1 = \tilde{y}_1 = 30, \quad \bar{y}_2 = \tilde{y}_2 = 0, \quad \bar{y}_3 = \tilde{y}_3 = 50 \quad (45)$$

図14に計算の結果得られた最小総リグレット関数  $f_3(x_3, y_3)$  の等高線を示す。この図からわかるように、この関数は定義域を分割する、いくつかの多角形領域において線形、すなわち水平や傾斜した平面をなしているが、不連続な場所(図14中 不連続段差と示された箇所)もあり、形状はかならずしも単純ではない。いわば、複雑な破風をもつ屋根のような形である。このことはしかし、費用関数  $\rho_i(c_i)$  の形状に起因するものであり、費用関数として固定費部分を設定する以上、最小総リグレット関数に不連続点が現れることは予期すべきことである。

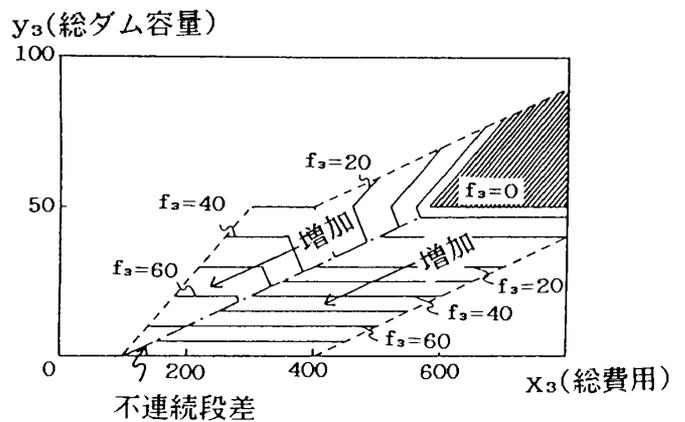


図14 最小総リグレットの等高線

最小総リグレット関数  $f_3(x_3, y_3)$  の形を全体として見れば、 $x_3$  や  $y_3$  の増加とともに値を低下させつつ、やがて、最小総リグレットがゼロになる。このことは言うまでもなく、資金が充分で、ダムの容量が全体として充分なら、完全な満足が得られることに対応している。しかし、 $f_3(x_3, y_3)$  の形をいまいし詳しく見れば、もう少し複雑な事情が見えてくる。図15は、図14をタテ軸に平行な

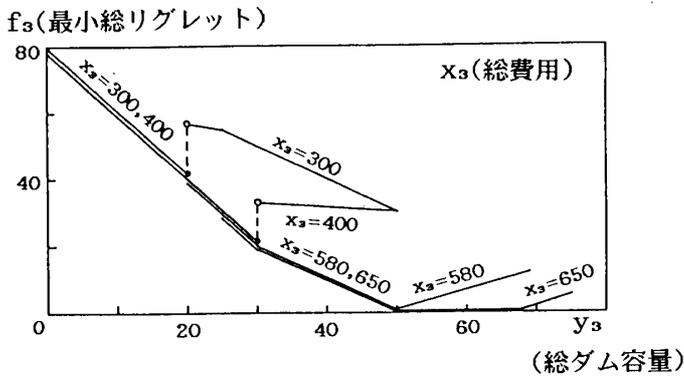


図15 総ダム容量に対する総リグレット

いくつかの直線で切った切断面である。

これらはいずれも区分線形関数で、総ダム容量の値が小さい部分では減少するが、総ダム容量がある程度大きくなると不連続的に増大したのちまた減少したり、一旦ゼロになった後再び上昇するなどの変化を示している。これは「総ダム容量さえ大きくなるのなら、総リグレットは小さくなる筈だ」という素朴な考えが、常には成立しないことを示している。しかしこれは、不思議なことではない。総費用  $x_3$  と総ダム容量  $y_3$  を固定し最小総リグレットを求めても、総ダム容量が固定されているがゆえに、候補のうちでもリグレットの減少には効果のうすいダムを容量を無理に増大させる必要が起り得るからである。いいかえれば、「与えられた資金の下で規模という一見普遍性をもつ尺度をとりあげ、その拡大ばかりを努力をすれば、リグレットという本来の評価値をかえて悪くすることがある。」目標設定に際しての十分な考慮の必要性がわかる。悪しき官僚主義に対する戒めと解してよいだろう。

次に、これらから、総費用が与えられたときの最小総リグレットを求めたのが図16で、これが総費用とともに単調に減少して行く様子が見られる。

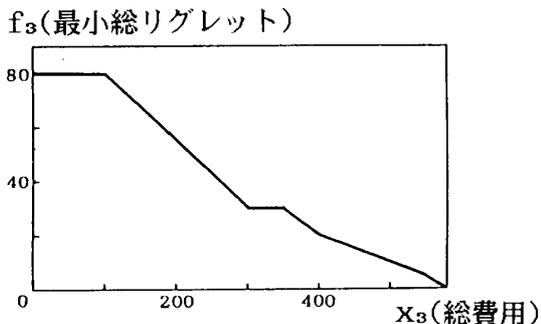


図16 総費用に対する最小総リグレット

また、動的計画法の計算の過程をさかのぼって総費用の各値に対する、各ダムの最適容量を求めた結果が図18である。この図に見る不連続性は、費用関数(43),(44)に

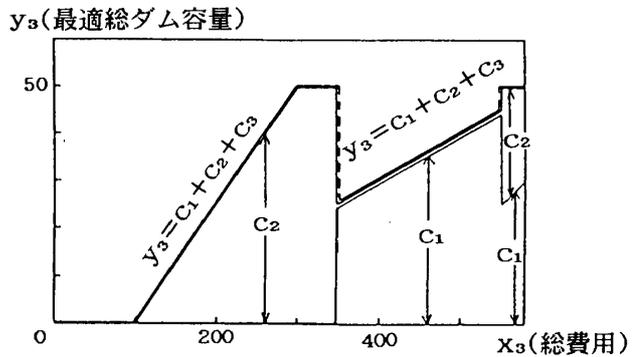


図17 総費用に対する各ダムの最適容量

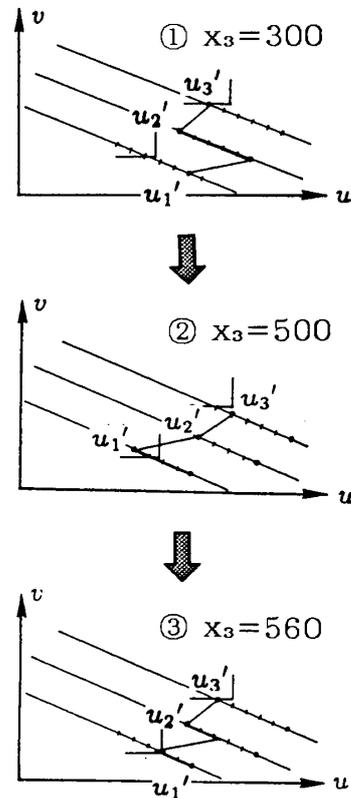


図18 最適流量ベクトルの変遷

よるものだが、この形がダム建設にとって本質的ならば、避け得ない不連続性である。くわしく見れば、

① 固定費100が、とにかく準備できれば、安上がりな候補地2に資金の許す限りの大きさのダムを建設することになる。

② 資金がある値(350)を越えれば、割高だが全流域にわたって治水効果をもつ候補地1が視野に入ってくる。しかしこの場合、候補地1だけに資金をつぎこむことが最善で、候補地2での建設は視野の外に消える。

③ しかし、資金が550を越えれば、候補地1のダム容量をさらに増やすよりは両候補地に適切な容量のダムを建設して全体的なバランスをとるのがよいことになる。そのため、両候補地にダムを建設して、候補地3の

完全な治水を得た後、資金の増加にしたがい割高なダム1の容量を増やしてさらに候補地1を完全な治水状態に向かわせることになる。

このような最適計画の移り変わりを、流量ベクトル図上に描いたのが図18である。

このような総費用と最適計画の間の不連続な関係は、初期の計画段階から資金額をパラメーターとして扱う必要性を強く示唆しているものといえよう。

## 5. おわりに

以上、本研究では、数値例を想定、これにもとづいてダムの最適な建設に関する一般の問題点の抽出を試みた。実際のデータに対しても、この方法を部分的に修正して適用すれば、個別的に有用な知見も得られると考えている。今後の課題としたい。

また、本研究は研究会「巨大プロジェクトに関する

OR」の研究の一環として行われたものであり、同研究会参加者の方々からは、多くの貴重な御助言をいただいた。ここに感謝の意を表したい。

## 参考文献

- [1] Bhatta, G. R. "Eastern Himalayan Water Project : The Sapta Kosi High Dam Multipurpose Project, Nepal", GIF Conference on Global Infrastructure Development, Boston, 6-8 November 1994
- [2] 建設省河川局監修, 「多目的ダムの建設—昭和62年版 第1巻 計画・行政編—」, 財団法人ダム技術センター
- [3] 国立天文台編, 「理科年表平成6年版」, 丸善, 1993

●ミニ●ミニ●

## 回転式書棚——技術の定石——

●O●R●

中華料理店の回るテーブルを始めて見たのは子供の頃の思い出だが、食べたものよりずっと強い印象を受けた。なにしろ食べたものことはさっぱり思い出せないのだから。とにかく、数あるご馳走を皆でとりわけて食べるのに、これほど目的に適った工夫もあるまい。

考えてみると、おなじような工夫と仕掛けは身の随所に見かける。回転式書類立て、耳鼻咽喉科の薬瓶棚、本屋には、ペーパーバックや絵はがきを売るのにしばしば使われている回転式商品棚がある。回転寿司は、機械化された回転テーブルである。山手線だって、お客が寿司に変わったようなものだ。回り舞台は、江戸時代に日本で発明され、欧米にも広まった日本の技術だ。物騒なところでは、回転式拳銃やバルカン砲というものもあるが、これらは発砲という同じ動作を繰り返すのだから芸がない。

このごろはあまり流行っていないが、コンピュータの記憶装置として磁気ドラムが主流だった時代がある。高速回転するドラムに貼り付けられた磁性物体を使って、データをかきこんだり、読み出したりするのである。今日では、ディスクが多く用いられ

るが、これもドラムにトポロジカルな変形を加えたものだ。ワープロでカナ漢字変換をするとき、候補を順に追って最後まで行くと、次に出てくるのはまた先頭の候補である。この仕組みを考えた人の頭のなかには、回転テーブルがあったに違いない。

国鉄(今のJR)の座席予約システムは大変なものだった。直径数メートル、垂直軸をもつ数段の回転棚のまわりを何人かの職員が取り囲んで座り、電話をうけては、回転棚の書類を取り出してこれに書き込む。そしてまた、棚が回ってくるのを待って書類を定位置に戻す。簡単に言ってしまうと、磁気ドラムのデカイ奴だ。(国鉄OBの方々をお願いしたい。こんな光景を、せめて写真なりとも、交通博物館にでも展示して欲しい。ソフトな技術の文化遺産は消滅しやすいものだから。)

これらを見ると、場所の節約、定位置からのアクセス、方向転換の手続きの排除等々その力点はそれぞれに違うが、どれも“回転”という方法による問題解決である。“回転”は技術の定石の一つである。今後も“回転”がいろいろな所に顔を出すだろう。皆さん、目を回さないように！ (からくり堂主人)