

## ダム建設の最適位置と最適容量

02003570 慶應義塾大学 \*伊藤 弦 ITO Gen

01700130 慶應義塾大学 柳井 浩 YANAI Hiroshi

### 1 はじめに

ネパール国内のコシ河流域に、多数の多目的ダムを建設する計画がある。ここでは、実際のデータにもとづく計画に先立ち、治水目的にしぼってダム建設の最適位置と最適容量を考え、問題点を浮かび上がらせる。

### 2 流量のモデル化

水系の任意の点における流量が、下図のような2水準  $u$  および  $v$  で表されるとする。

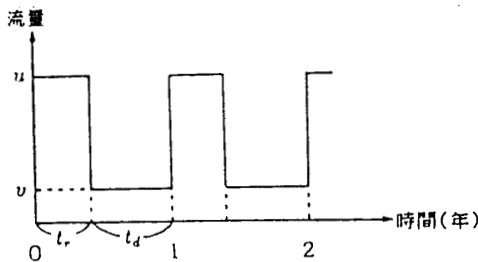


図1 ハイドログラフ

このとき、流量は2次元のベクトルとして表現できる。河川の合流は、このようなベクトルの加法に対応する。また、地域の降雨は仮想的河川として扱う。

### 3 治水目的ダム

#### 3.1 ダムによる流量の調整

雨期に貯えた水を、乾期の間一様な流量で放流するものとする。ダム容量を  $c$  とすれば、ダム建設後のダム下流における流量は(1)式のように表せる。

$$\begin{cases} u' = u - \frac{c}{t_r} \\ v' = v + \frac{c}{t_d} \end{cases} \quad (1)$$

この関係を示したのが図2である。

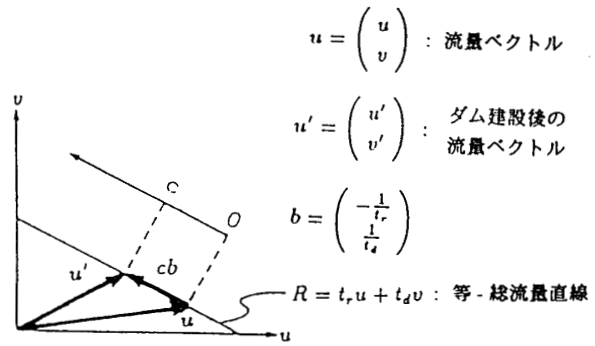


図2 ダムによる流量変化

#### 3.2 総ダム容量

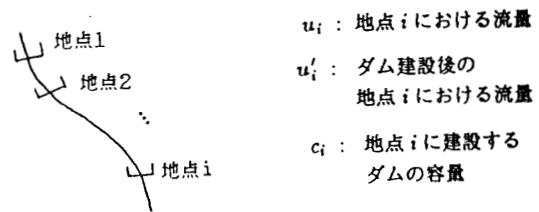


図3 複数のダム建設候補地

図3のように、複数のダムを建設して流量の調整を行えば、地点  $i$  における流量は

$$\begin{aligned} u'_i &= u_i + (c_1 + c_2 + \dots + c_i)b \\ &= u_i + y_i b \end{aligned} \quad (2)$$

となる。上流にあるダムの治水効果は、そのまま下流に移行されるからである。 $y_i$  を、地点  $i$  における総ダム容量と呼ぶことにする。

#### 3.3 リグレット関数

あるダム直下の治水効果は、そのダムまでの総ダム容量によって定まる。ダムを建設して完全な治水が得られない場合には、リグレット関数を用いて、その不満足度を表す(図4)。

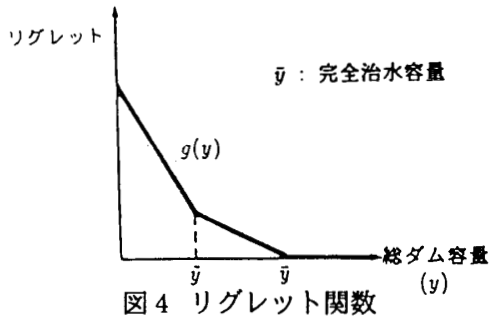


図4 リグレット関数

### 3.4 ダム建設費用

ダム建設費としては、固定費と、ダム容量に応じて増加する変動費部分考えた。

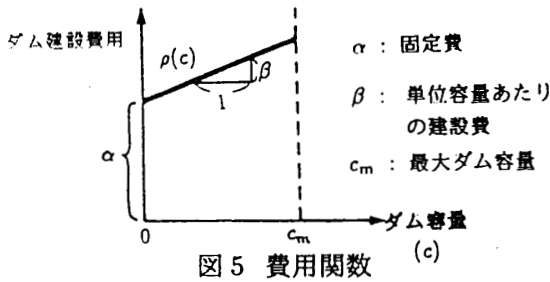


図5 費用関数

## 4 治水計画

図6のような水系で、最適なダム建設の問題を考える。

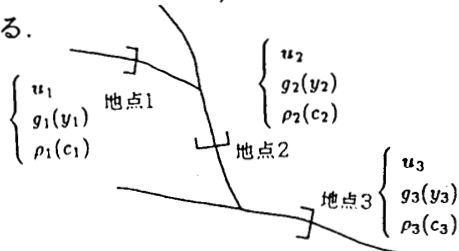


図6 ダム建設候補地をもつ水系

これは、次の数理計画の問題として定式化される。

$$g_1(y_1) + g_2(y_2) + g_3(y_3) = \min! \quad (3)$$

subject to

$$\rho_1(c_1) + \rho_2(c_2) + \rho_3(c_3) = x_3 \quad (4)$$

ここに、 $x_i$  はダム1からダム*i*までの総建設費用である。

### 4.1 動的計画法による定式化

(3),(4)式の問題を動的計画法で定式化すれば、次の漸化式が成り立つ。

$$f_i(x_i, y_i) = \min_{x_{i-1} + \rho_i(y_i - y_{i-1}) = x_i} [g_i(y_i) + f_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1})] \quad (5)$$

$$f_1(x_1, y_1) = \min_{\rho_1(y_1) = x_1} [g_1(y_1)] \quad (6)$$

## 4.2 数値例とその解釈

図7に示す数値例について、最適解を求めた結果を図8,9に示す。

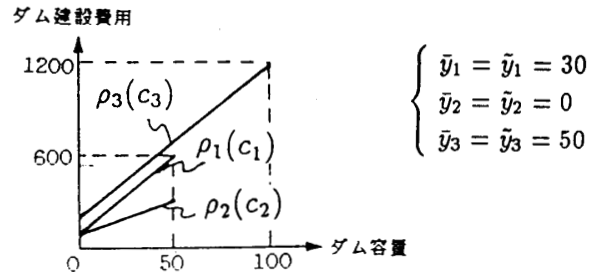


図7 数値例

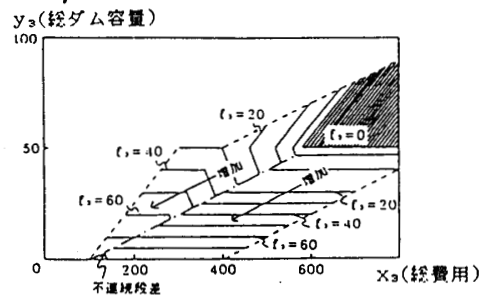


図8 最小総リグレットの等高線

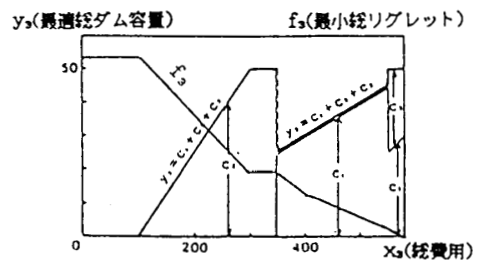


図9 総費用に対する最小総リグレットおよび各ダムの最適容量

## 5 結論

①計画に際しては、その評価基準(ここではリグレット関数)を遵守すべきこと; 一見合理的に思っても他の基準(例えば、総ダム容量)を最大にしようとしたりすると、もとの基準による評価がかえって悪くなることがある — 大きいことが常によいことではない。

②はじめから総投資額をパラメータとして考慮すべきこと; 投資額の変化は、それが少額であっても最適計画の様相を一変させうる。例えば、投資額の小有で、ある候補地における建設計画それ自身の全面的な中止という事態が起こりうる。