

九州大学 工学部 正 員 平野 宗夫

九州大学 大学院 学生員 ○森山 聡之

## 1. はじめに

山地河川における降雨の流出過程において、適当な到達時間  $T$  の確率密度関数を用いれば、有効降雨強度から流出量を求められることが明らかにされている。

本研究では、浸透能を考慮して、直接降雨強度から流出量を求める流出解析法について述べたいと思う。浸透能を表わす式としては、数多くの提案がなされているが、今回は Phillips の式を用いた計算式を導き、試験地に適用して若干の考察を行った。

## 2. 流出の計算式

$$\begin{aligned} q_c(t) &= \int_0^\infty \int_\tau^\infty (\varphi(T/V) dT r_0(t-\tau) d\tau \\ &= \int_0^\infty u(t) r(t-\tau) d\tau \\ &\quad - \int_0^\infty \int_0^\tau i(t-\tau) d\tau dT \quad \text{--- (1)} \end{aligned}$$

ただし  $q_c(t)$  : 時刻  $t$  における斜面からの単位面積当たりの流出量

$\varphi(T)$  : 到達時間  $T$  の確率密度関数

$r_0(t)$  : 時刻  $t$  における有効降雨強度

$u(t) = \int_\tau^\infty (\varphi(T/V) dT, u(0) = 1$

$r(t)$  : 時刻  $t$  における直接降雨強度

$i(t)$  : 時刻  $t$  における浸透能

(1)式の第2項は、Phillips の式

$$i(t) = i_0 + \theta t^{-1/2}$$

但し  $i_0$  : 初期浸透能,  $\theta$  : 定数

を用いると

$$\begin{aligned} &= \left[ \int_0^\infty \int_{t-\tau}^t i_0 d\tau (\varphi(T/V) dT + \int_0^\infty \int_0^\tau \theta (t-T)^{-1/2} d\tau (\varphi(T/V) dT \right] \\ &= - \left[ i_0 \int_0^t \varphi(T) dT + i_0 t \int_t^\infty (\varphi(T/V) dT \right. \\ &\quad \left. - 2\theta \int_0^t (t-T)^{-1/2} (\varphi(T/V) dT + 2\theta t^{1/2} \int_0^\infty (\varphi(T/V) dT \right] \end{aligned}$$

従って(1)式は

$$\begin{aligned} q_c(t) &= \int_0^\infty u(t) r(t-\tau) d\tau - i_0 \left[ \int_0^t \varphi(T) dT + t \int_t^\infty (\varphi(T/V) dT \right. \\ &\quad \left. - 2\theta \left[ \int_0^t (t-T)^{-1/2} (\varphi(T/V) d\tau dT + t^{1/2} \right] \right] \quad \text{--- (2)} \end{aligned}$$

今回は、 $\varphi(T)$  の平均  $\bar{x}$ , 標準偏差  $\sigma$ , Phillips 式の  $i_0$  と  $\theta$  の4つをパラメタとする parametric model として扱うことにした。

## 3. 試験地への適用

$\varphi(t)$  を対数正規分布とし、岡山県旭川支流にある竜ノ口森林理水試験地（流域面積 22.661 ha）を対象とした。この試験地は、平野、小川、木川によって、斜面長  $l$  が標準偏差  $\sigma = 0.3010$  の対数正規分布をなすことが示されている。

流出波形の同定には、最適化手法として、Powell の共役方向法を用い、目的関数は  $\chi^2$  基準を用いた。

$$F(\bar{x}, \sigma, i_c, \theta) = \sum_{i=1}^N (q_i - q_{ci})^2 / (q_i \cdot N \cdot q_{max}) \rightarrow \min$$

ここに、 $F$  : 目的関数、 $q_i$  : 実測流量、 $q_{ci}$  : 計算流量 式(2)の  $q_c(t)$  に同じ、 $N$  : データ個数、 $q_{max}$  :  $q_i$  の最大値

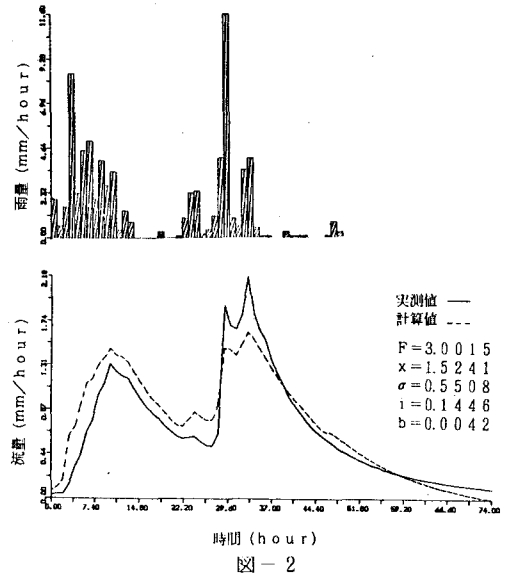
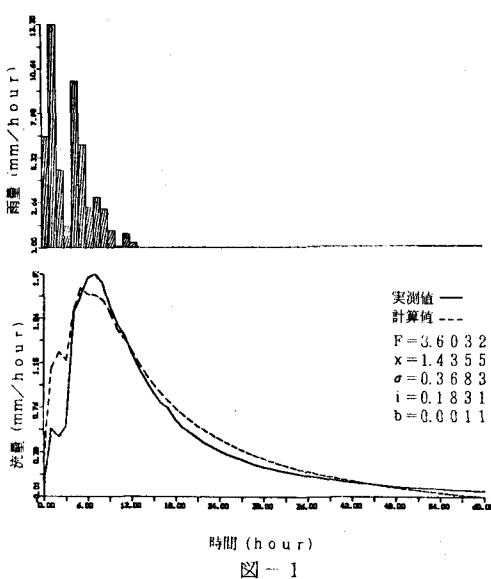
なお、 $\bar{x}$ ,  $\sigma$ ,  $i_c$ ,  $\theta$  は、初期値で基準化し、探索時の増分は初期値の 10% とした。

図-1、図-2 に Powell の共役方向法による最小値探索の結果の一例を示す。

図-1、図-2とも  $\bar{x}$  は 1.45 付近、 $i_c$  は 0.15 付近、 $\theta$  は 1.10 付近になっているが、 $\sigma$  が 0.55 と 0.37 と、かなり異なる上、斜面長  $l$  の対数正規分布の標準偏差  $\sigma$  は 0.3010 付近からも遠ざかってしまった。

これは一つには、Powell 法で求めたパラメタが、最小値でなく、別の極小値に落ち込んでいるためであろう。この事は、パラメタの初期値を変えると、場合によっては、全く別の極小値を探索することからもわかることで、最小値探索法は「浅い極小値」を、飛び越すようなものが必要であろう。また、浸透能の式も他のものを試みる必要があろう。

注) Powell 法のプログラムは、東大から九大大型計算機センター・ライブラリーに移植されたサブルーチン POW2 (製作者 山本, 大坪, 松原) を一部変更し使用した。



#### 参考文献

1. 平野宗夫, 小川滋, 木川良二: 山腹斜面からの流出について 第29回土木学会年講 昭49. 10
2. 平野宗夫, 木川良二: 山地河川の流出過程について 第30回土木学会年講 昭50. 10
3. 平野宗夫, 伊東尚規: 到達時間の分布を考慮した流出解析 第22回水理講演会論文集 昭53. 2
4. 永井明博, 角屋睦: 流出モデル定数の最適化手法 京大防災研年報 第22号 B-2 昭54. 4
5. 角屋睦, 永井明博: 流出解析手法 農業土木学会誌 第48巻 1~12号 昭55