

山腹斜面流出とパラメタ最適化について

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

九州大学 工学部 学生員 須貝 秀樹

1. はじめに

山地斜面小流域の流出は、斜面長の分布と密接な関係があることはすでに広く知られているが、本研究では、前報¹⁾に引き続き浸透能を考慮して、雨量-流出モデルをパラメトリック・モデルとして、そのパラメタ探索を試みた。

2. 流出の計算式

$$q_c(t) = \int_0^{\infty} \int_0^T [r(t-\tau) - i(t-\tau)] d\tau \varphi(T) dT \quad \text{---(1)}$$

ここに、 $q_c(t)$: 時刻 t における斜面からの流出高、 $\varphi(T)$: 到達時間 T の確率密度関数、 $r(t)$: 時刻 t における直接降雨強度、 $i(t)$: 時刻 t における浸透能で、Horton の式を用いると $i(t) = i_c + e^{-kt} (i_0 - i_c)$ 、 i_0 : 初期浸透能、 i_c : 最終浸透能、 k : 定数である。今回は、 $\varphi(T)$ の平均 $\bar{x}$ 、標準偏差 σ 、Horton 式の i_c と k と $i_0 - i_c$ の5つをパラメタとするパラメトリック・モデルとして扱うことにした。浸透能については

1) . $r(t-\tau) - i(t-\tau) < 0$ のとき $r(t-\tau) - i(t-\tau) = 0$ とする場合 (積分前カット) すなわち、有効雨量の負値を認めない従来の方法と地表に、流れが存在する間は浸透すると考えて

2) . $q = \int_0^T r(t-\tau) d\tau < 0$ のとき $q = 0$ とする場合 (積分後カット)

の2つについてパラメタを探索した。

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、斜面長 l が標準偏差 $\sigma = 2$ の対数正規分布をなすことが示されている²⁾。この試験地の8個の流出データを用い、 $\varphi(T)$ を対数正規分布とした。

4. 最適化手法

1) 目的関数

前回は目的関数として χ^2 基準を用いたが、低水部分を重視する傾向があるので、今回は、次に示す最小2乗基準を用いた。

$$F(\bar{x}, \sigma, i_c, k, i_0 - i_c) = \sum_{i=1}^N (q_i - q_{ci})^2 / (N \cdot q_{max}) \times 100 \rightarrow \min$$

ここに、 F : 目的関数、 q_i : 実測流量、 q_{ci} : 計算流量 式(1)の $q_c(t)$ に同じ、

N : 流出時間、 q_{max} : q_i の最大値

なお、 $\bar{x}$ 、 σ 、 i_c 、 k 、 $i_0 - i_c$ は、初期値で基準化し、探索時の増分は、 $\bar{x}$ 、 σ は初期値 (各々 20、3) の1%、 i_c 、 k 、 $i_0 - i_c$ は初期値 (各々 0.01、1、10) の100%とした。

2) 最適化手法

流出波形の同定には、前回は最適化手法として、Powell の共役方向法を用いたが、最小値ではなく極小値に落ち込みやすかったうえ、パラメタが負値をとることが多かった。そこで今回はシンプレクス法を試みた。シンプレクス法は小谷によって「浅い極小値」を飛ばすことが明らかにされている³⁾。さらにプログラムによりパラメタの探索範囲も限定できる。(今回は、すべてのパラメタに非負条件と、

極端に大きくならない条件を付けた。)

5. 結果と考察

図-1に シンプレクス法による最小値探索の結果の一例を示す。最適化は非常にうまくいっており、ほとんどの流出波形は、目で見て満足できる程度に ($F < 0.5$) 適合している。また i_0 はすべて0になった。

図-2に 8つの流出波形の $R_{max}/\Sigma R$ と、同定した σ および i_0 との関係を表わしてみた。 $R_{max}/\Sigma R$ と σ のほうは積分前カット、積分後カットとも相関を示し、 $R_{max}/\Sigma R$ と i_0 については積分後カットのほうだけ相関を示している。

以上は流出の計算式を、線形と仮定して行ったものであるが、今後は非線形での計算も試みる予定である。おわりに、シンプレクス法のプログラムは、大阪大学教養部物理教室の小谷恒之教授製作のサブルーチン・プログラム S I M P L Xを使用した。ここに深く感謝の意を表わしたいと思います。

参考文献

- 1. 平野宗夫, 森山聡之: 浸透能を考慮した山腹斜面からの流出について 西部支部 昭56 P117
- 2. 小谷恒之: 非線形多変数関数の極小化 大阪大学センターニュース (No. 32) 昭54
- 3. 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
- 4. 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
- 5. 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回水講 昭53.2
- 6. 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
- 7. 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

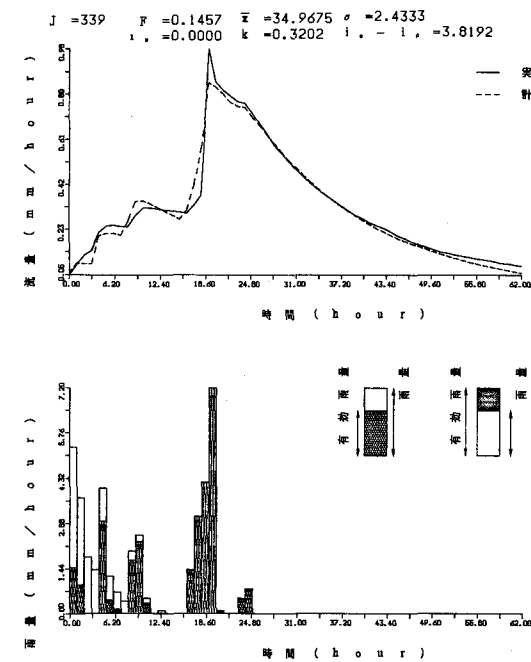


図-1

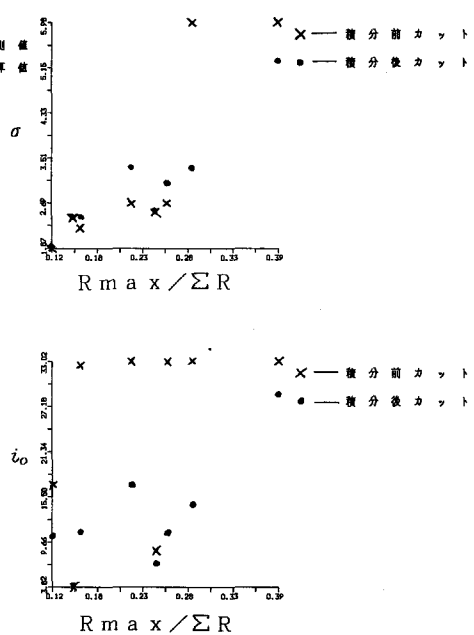


図-2