

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○植野惣  
山口大学工学部 正会員 杉原成満  
大日本コンサルタント株式会社 正会員 篠崎嗣浩  
山口大学工学部 フェロー会員 古川浩平

## 1. はじめに

現在，土砂災害警戒情報の発表・解除基準には，土砂災害発生危険基準線（CL）が利用されている．その中で利用されている土壌雨量指数は現在，直列 3 段タンクモデルより算出されている．しかしタンクモデルは，数多くのパラメータの適切な設定を行う必要があるため，現状では全国一律のパラメータが用いられている．

既往の研究では，遺伝的アルゴリズム（GA）を用いてタンクモデルパラメータの解析が行われているが，解の再現性が低い点などで問題点がある．それらの問題点を解決できる新しい手法として現在 SCE-UA 法が着目されている．

そこで本検討では，時間雨量と観測流出量のデータを用いてタンクモデルパラメータの同定を行った．その上で，SCE-UA 法を用いたタンクモデルパラメータの同定の妥当性を検証した．

## 2. SCE-UA 法の概要

SCE-UA 法（Shuffled Complex Evolution Method developed at the University of Arizona）とは，競争進化，集団混合の概念を組み合わせた大域的探索による最適化手法である．この手法は，探索出発点の良否に影響されず大域的な解が求められ，かつ探索効率がよい大域的探索手法として提案されている．また，解の再現性も高いとされているため常に最適解を探し出すことが可能である．

## 3. 使用データ

土砂災害の発生予測を行うに当たっては，小さな降雨では土砂災害が発生しにくいいため，大きな降雨に対して適用性が高いタンクモデルを構築することが必要となる．

そのため本検討では，岐阜県揖斐郡坂内村浅又川流域（花崗岩分布地域）における 2000 年 5 月 8 日 13：00～11 月 21 日 0：00 の観測データの内，時間雨量が最も大きい期間を含む 6 月 22 日～28 日の 1

週間のデータを用いることとした．

## 4. SCE-UA 法によるタンクモデルパラメータの同定解析

### 4.1 解析条件

本検討で対象とするタンクモデルは，土壌雨量指数の算出に用いられている直列 3 段タンクモデル（図-1 参照）とした．当該モデルにおいて同定すべきパラメータは，流出孔 4（ $\alpha_1 \sim \alpha_4$ ），流出孔位置 4（ $L_1 \sim L_4$ ），浸透孔 3（ $\beta_1 \sim \beta_3$ ）および各タンク初期水位 3（ $S_1 \sim S_3$ ）である（合計 14 定数）．

また，SCE-UA 法を用いて解析を行う際には，パラメータの探索範囲として上限値と下限値を設定する必要がある．その探索範囲は，表-1 に示すとおり 0 から土壌雨量指数を算出するために用いられている値（気象庁パラメータ）の 3 倍の値までとした（初期水位除く）．なお，初期水位については，十分大きな値として一律 100mm とした．

目的関数は，観測流出量  $Q_0$  と同定したパラメータを用いた場合の計算流出量  $Q_C$  の平均二乗誤差を最小とすることとした（式（1）参照）．

$$RMS = \frac{1}{N} \sum \sqrt{(Q_0 - Q_C)^2} \quad \text{式（1）}$$

RMS：観測流出量と計算流出量の平均二乗誤差

N：データ数

$Q_0$ ：観測流出量

$Q_C$ ：計算流出量

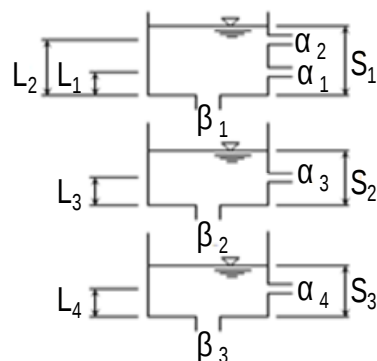


図-1 直列3段タンクモデル

## 4.2 解析期間1週間での タンクモデルパラメータの同定

同定解析に用いた降雨における計算流出量と観測流出量の比較結果を図-2に示す。

図より、SCEを用いて同定したパラメータより算出される計算流出量は、気象庁パラメータより算出される計算流出量よりも、観測流出量と概ね一致しており、適合性が高いモデルと判断できる。

しかし、同定したパラメータ(表-1参照)に着目すると、探索範囲の上限値に達しているパラメータが確認されており、設定した探索範囲が適切でなかったことが考えられる。そのため、探索範囲の設定方法を変更し検討を行った。

## 4.3 探索範囲の選定

探索範囲の変更方法としては、以下の2ケースで検討を行った。

ケース1 上限値をとっているパラメータのみ気象庁パラメータの5倍へと変更する方法

ケース2 パラメータ全ての範囲を気象庁パラメータの5倍へと変更する方法

\* 探索範囲を変更しても上限値をとる場合は、探索範囲を10倍、15倍と変更する。

ケース1、ケース2を用いることでどちらのケースにおいても上限値をとるパラメータをなくすことができた。

各ケースでハイトグラフによる比較を行うと、ケース1の場合では範囲を変更する前よりもピーク終了後の減水期などでより適合性の高いモデルとなっていることが確認できる。(図-3参照)。

しかし、ケース2の場合ではピーク点以外の箇所において適合性が悪くなっていることが確認できる(図-4参照)。

以上のことより、パラメータが上限値をとった場合には、上限値をとったもののみの範囲を変更することで適合性の高いモデルを構築できるものと考えられる。

## 5. 結論

- ・SCE-UA法を用いてタンクモデルパラメータの同定解析を行うことで実測値に対して適合性の高いモデルを構築することができた
- ・上限値をとるパラメータが存在した場合、上限値をとるもののみの探索範囲を拡大することで適合性

の高いモデルを構築することができた

- ・今後は、別の地質帯のデータを用いた場合での検討や、同定して得られたパラメータの汎用性などを確認していきたい

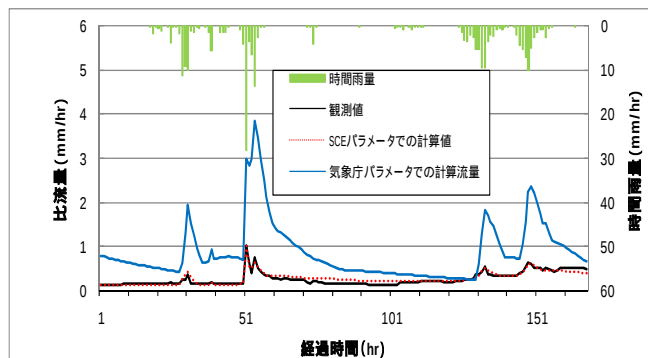


図-2 計算流出量と観測流出量の比較結果

表-1 最適解の探索範囲及び同定解析結果

| パラメータ      | 探索範囲 |      | 同定解析<br>最適パラメータ |
|------------|------|------|-----------------|
|            | 下限値  | 上限値  |                 |
| L1         | 0    | 45   | 5.21694         |
| L2         | 0    | 180  | 30.1887         |
| L3         | 0    | 45   | 45              |
| L4         | 0    | 45   | 0.00893531      |
| $\alpha$ 1 | 0    | 0.3  | 0.0183005       |
| $\alpha$ 2 | 0    | 0.45 | 0.33442         |
| $\alpha$ 3 | 0    | 0.15 | 0.0050399       |
| $\alpha$ 4 | 0    | 0.03 | 0.00146437      |
| $\beta$ 1  | 0    | 0.36 | 0.359989        |
| $\beta$ 2  | 0    | 0.15 | 0.0194379       |
| $\beta$ 3  | 0    | 0.03 | 3.09E-08        |
| S1         | 0    | 100  | 1.08E-05        |
| S2         | 0    | 100  | 3.10E-06        |
| S3         | 0    | 100  | 95.3134         |

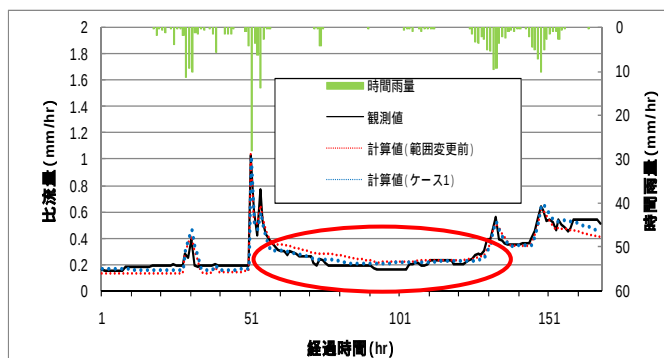


図-3 探索範囲変更前とケース1の比較結果

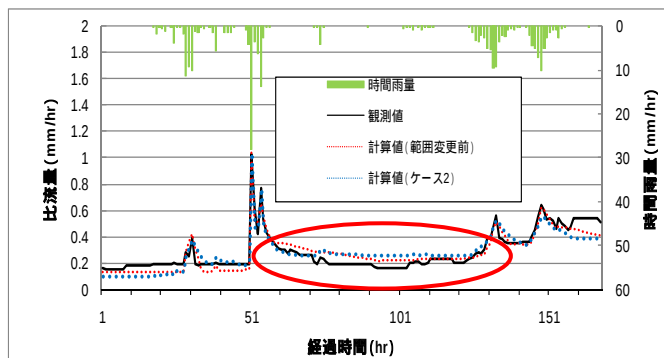


図-4 探索範囲変更前とケース2の比較結果