

II-261 遺伝子進化アルゴリズム(GA)による流域侵食モデルのパラメータ決定

愛媛大学工学部 正 員 C. サントス
 愛媛大学工学部 正 員 鈴木幸一
 愛媛大学工学部 正 員 渡辺政広
 愛媛大学工学部 学生員 高橋広和

1. はじめに

キネマティックウェーブ流れに基づく降雨による土壌侵食と土砂流出の一次元解析モデル(WESP-Watershed Erosion Simulation Program)における4つのパラメータ(土壌水分吸引定数 N_s , 河道侵食係数 a , せん断土壌分離係数 K_R , 雨滴衝突土壌分離係数 K_I , 土壌水分吸引定数 N_s)の最適値を遺伝子進化アルゴリズム(GA)を用いて決定しGA法の有用性を確かめた。なお、侵食モデルを適用した流域はブラジル東北部の半乾燥地にあるスメ試験地である。

2. 遺伝子進化アルゴリズム(SCE-UA法)の概要¹⁾

WESPモデルは4つの未定定数(パラメータ)を持つモデルであるが、流出土砂量と降雨の実測値を用いてこれらの定数を決定する必要がある。評価関数 $J(J = |E_O - E_C|/E_O)$, E_O : 観測流出土砂量, E_C : 計算流出土砂量)を最小とする未定定数の最適な組み合わせを求める方法の一つである SCE-UA(Shuffled Complex Evolution-University of Arizona)法(GA法)は、遺伝子進化の原理から得た概念に基づいたものである。このGA法ではまずパラメータの組を複数のグループ(コンプレックス)に分ける。次に、それぞれのコンプレックスの中でより小さい J を与えるパラメータの複数の組(良好な遺伝子を持つ親の組)を用いて、大きな J を与えるパラメータの組(悪質な子の組)を親の組に対して対称点、中間点、あるいは突然変異点に移すことによって改良し J を小さくするパラメータの組み合わせを求める(進化させる)。その進化したグループをシャッフルした後、再びコンプレックスに分けて進化させることから成る。この方法はランダムに調べる simplex 法の長所を備えており、効果的にパラメータを最適化するだけでなく、パラメータの実行可能領域全体の最適値が得られるなど SP 法や他の最適化手法と比べて優れている。

3. スメ試験地への適用

降雨による斜面侵食の測定と解析の対象としたスメ試験地流域は、ブラジル北東部の小都市スメに位置する試験地流域である²⁾。この流域はブラジルの代表的な半乾燥地域にあり、年間の降水量は約 590mm と少なく降雨は雨期である1月から5月にかけて、特に2月から4月にかけて集中している。この試験地斜面の流域面積は 0.52ha, 平均斜面勾配は 7.1% で、地表面に植生はなく表土の平均粒径は 0.5mm である。シミュレーション対象降雨として 1987 年から 1991 年の降雨の中から45の降雨流出を選んだ。これらの降雨の特性最大降雨強度 100mm/hr 前後の降雨が 10 分から 20 分間に集中して発生し、平均降雨強度は 10mm/hr 前後である。WESPモデルにより最適化を行うパラメータは河道侵食係数 a , せん断土壌分離係数 K_R , 雨滴衝突土壌分離係数 K_I , 土壌水分吸引定数 N_s の4つである。これ

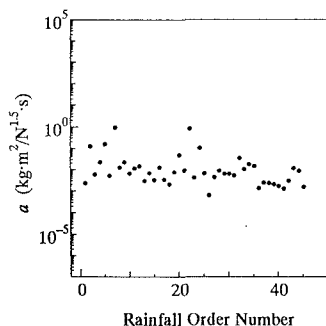


図 1(a) 各降雨に対する a

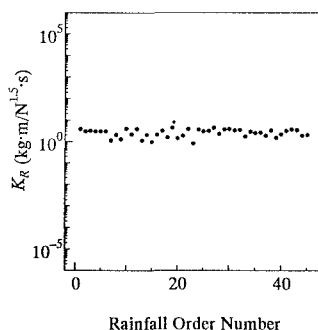


図 1(b) 各降雨に対する K_R

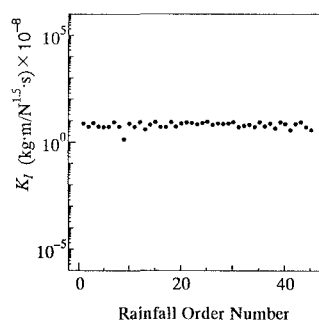


図 1(c) 各降雨に対する K_I

らのパラメータ適化を行うパラメータは河道侵食係数 a 、せん断土壌分離係数 K_R 、雨滴衝突土壌分離係数 K_b 、土壌水分吸引定数 N_s の4つである。これらのパラメータのうち a 、 K_R 、 K_b は土壌特性により決まる定数であり、 N_s は降雨開始時の土壌水分量により変化するので降雨により異なった値をとることがそれぞれ分かっている。本シミュレーションにおいては N_s の値は実測の流出水量と降雨の関係により試行錯誤的に決定し、 a 、 K_R 、 K_b をSCE-UA法を用いて決定した。このとき、本シミュレーションではSCE-UA法内のパラメータを次のように定める。 $n=3$ 、 $m=7$ 、 $q=4$ 、 $\alpha=1$ 、 $\beta=7$ 。

降雨と関係なく流域特性によって決まる a 、 K_R 、 K_b のシミュレーション結果をそれぞれ図1(a)、1(b)、1(c)に示した。これによりスミ試験地においては平均的に $a=0.0084\text{kgm}^2/\text{N}^{1.5}\text{s}$ 、 $K_R=2.585\text{kgm}/\text{N}^{1.5}\text{s}$ 、 $K_b=6.222\times 10^8\text{kg s}/\text{m}^4$ である。

従来よく使われているパラメータ決定法の一つであるSP法において初期値の設定によっては、局所的最適値を求めることがしばしばあるが、SCE-UA法は初期値をどこに設定しても必ず最適値を求めると言われている。いま、 a の値を例に必要な初期値を実行可能領域内でランダムに10個設定し、それぞれの初期値に対して a に対する試行回数と収束状況を図2に示した。この結果、 a に関しては50回程度の試行回数で収束することが分かった。

SCE-UA法で最適化された上記の a 、 K_R 、 K_b の平均値を用いてWESPモデルによりそれぞれの流出土砂量 E_C (Sediment Yield)と流出水量 I_C (Runoff Depth)を求めた。これら計算により求められた E_C と I_C を実測値である E_O と I_O の比較を図3(a)、3(b)に示した。この図を見ると、流出土砂量には大きな誤差があるケースもあるが、現象の不確実性やデータの精度等を考慮すると全体的には得られたパラメータ値は本流域の特性値といえよう。

4. おわりに

GA法は初期値として与えるパラメータの値に関わらず等しい値に収束させることができる最適化手法である。GA法により求められたパラメータを用いてWESPモデルにより流出土砂量と流出水量をある程度の精度で求めることができることが分かった。

参考文献 1) Duan, Q. and Gupta, V. K.: *Water Resources Research*, Vol. 28, No. 4, pp. 1015-1031, 1992. 2) Santos, C., Watanabe, M., Suzuki, K., and Srinivasan, V. S.: 土木学会論文集 II 40, No. 586, pp. 117-126, 1998.

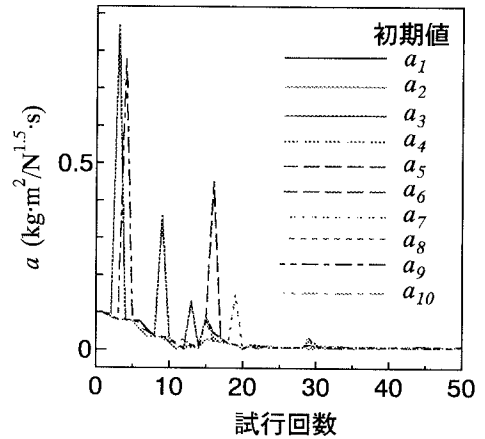


図2 GA法による a の収束

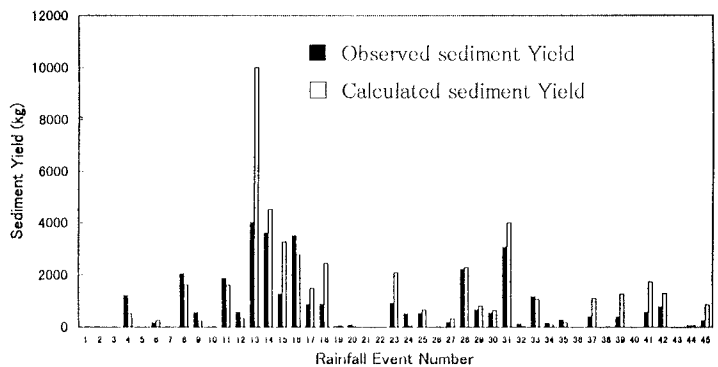


図3(a) 流出土砂量の実測値と計算値

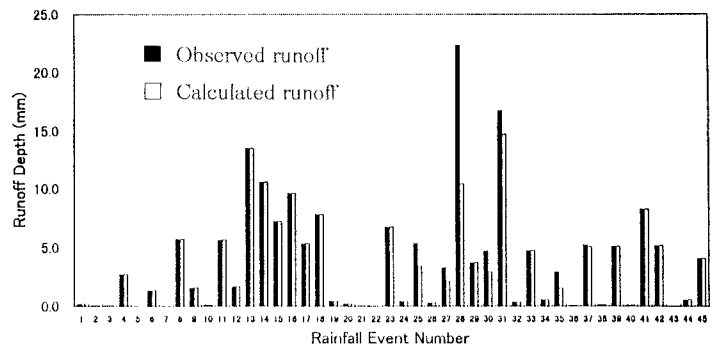


図3(b) 流出水量の実測値と計算値