

WEPP モデルシミュレーションのエミュレータ構築および感度分析 Emulator Construction and Sensitivity Analysis of WEPP Model Simulation

酒井 一人

Kazuhito SAKAI

1. はじめに

沖縄県での赤土等流出防止対策導入による効果推定では、年単位での侵食量を対象としている Universal Soil Loss Equation (USLE) が用いられているが、海域での赤土等堆積は年より短期の変動であり、イベントベースの解析ができるモデルによる評価が必要である。その問題に対応できるモデルとして、Water Erosion Prediction Project Model (WEPP) モデルが挙げられる。WEPP モデルは、USLE の弱点を解決するというメリットはあるが、設定すべきパラメータが多く、新たな対象流域での適用のためにはデータの前準備が必要であるという問題がある。特に土壌については、空間的なばらつきが大きく全てを網羅することは不可能である。そのため、シミュレーションにおいてどのパラメータの影響が大きいのかを感度分析により明らかにし、入力データの準備をする必要がある。そこで本研究では、WEPP モデルの計算結果を目的変数、パラメータ群を説明変数とした木構造ガウス過程回帰によりエミュレーターを構築し、パラメータの感度分析を行なった。

2. 方法

2.1 WEPP モデル

WEPP モデルは、斜面～流域スケールの土砂流出を解析するモデルであり、斜面スケールの土砂流出に関しては、土壌状態、作物の生長、

営農管理作業等の影響因子を解析に反映できることが特徴である。フリーソフトでは、ユーザーは解析対象の Climate、Slope、Soil および Management について GUI 上で入力する。本研究では、表 1 に示す Soil と Slope に関するパラメータについてランダムに設定した 500 組のパラメータセットを用いて土砂流出量を計算した。

表 1 本研究でランダムに設定したパラメータ

カテゴリ	パラメータ名
Soil	アルベド(Alb)、初期土壌水分(IWC)、土壌厚さ(Dep)、砂含有量(Sand)、粘土含有量(Clay)、有機物含有量(Org)、塩 基置換容量(CEC)、礫含有量(Rock)
Slope	斜面長(Length)、勾配(Slope)

Climate データは、1 イベントとして 1 時間降雨強度 30mm、50mm、80mm および 100mm を設定した。Management は、裸地であるとした。WEPP モデルによる計算は、R 上で外部コマンド(exe ファイル)を実行するプログラムを作成し実施した。

2.2 エミュレーター構築および感度分析

本研究では、エミュレーター構築に、木構造による分類とガウス過程回帰を組み合わせた Treed Gaussian Process モデル(R.B. Gramacy 2008)を用いた。エミュレータ構築から感度分析までの計算には、R のパッケージ `tgp` を用いた。

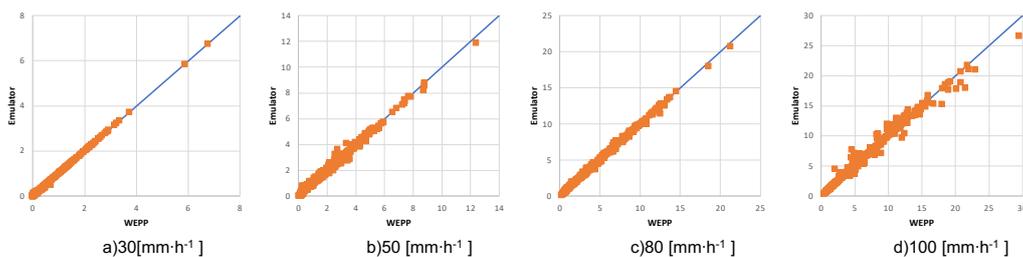


図1. WEPPによる計算値とエミュレータによる計算値の関係

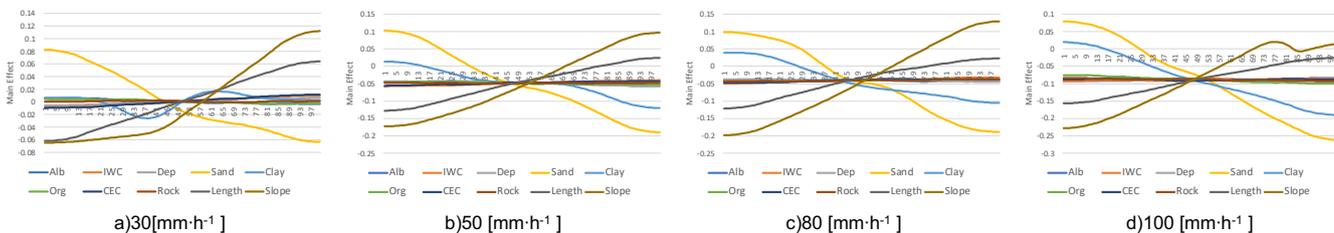


図2. 各パラメータの変化に対する計算値の変化量の関係

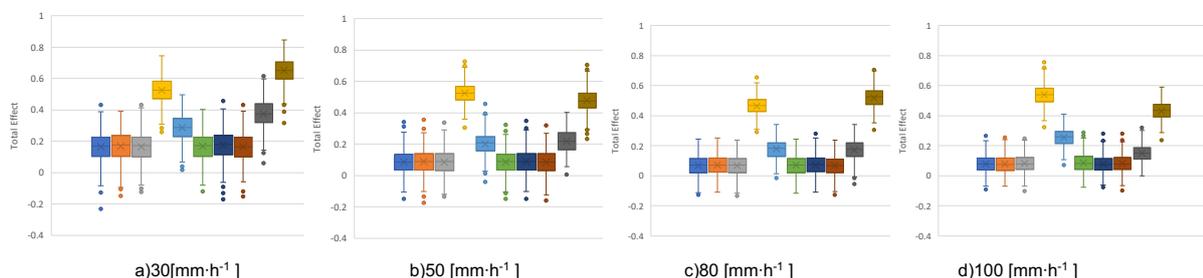


図3. 各パラメータの感度指標
左からAlb, IWC, Dep, Sand, Clay, Org, CEC, Rock, Length, Slope

3. 結果および考察

3.1 エミュレータ精度

図1 a)~d)に WEPP による計算値(横軸)とエミュレータによる計算値(縦軸)の散布図を示す。どの降雨強度条件においても WEPP 計算値とエミュレータ計算値は 1:1 に近い関係になっており、エミュレータを用いて感度分析を行うことに問題がないことが認められた。

3.2 感度分析結果

図 2 にパラメータの変化に対する計算値の変化量の関係について示す。パラメータ値は左から右に大きくなっている。横軸(パラメータ値の変化)に対して、縦軸の変化が大きいほど感度が高いパラメータとなる。降雨強度により形状は違うが、どの降雨強度においても Sand と Slope の感度が高く、次に Clay と Length の感度が大きくなっている。

図 3 は各パラメータの感度指標を表している。これからも図 2 と同様の結果が認められる。Slope や Length の感度が高いのは、土壤侵食現象から当然の結果と考えられる。WEPP のインターリル受食係数は、Sand 比率で場合分けされ、30% 以下では Clay の増加に伴い大きくなる。一方 30%以上では Very Fine Sand (VFS)の関数となり、デフォルトでは VFS を Sand の 1/4 の割合と仮定している。このような機構から、Sand の感度が高くなっていると考えられた。

4. 結論

TGP を用いて WEPP のエミュレーター構築が可能であることが認められた。また、降雨強度によらず、感度の高いパラメータは同様であることが認められた。

引用文献

R. B. Gramacy, H. K. H. Lee(2007) Bayesian Treed Gaussian Process Models with an Application to Computer Modeling, <https://arxiv.org/pdf/0710.4536.pdf>