

GEM-SA を用いた WEPP モデルのエミュレータ構築および感度分析 Emulator Construction and Sensitivity Analysis of WEPP model using GEM-SA

酒井 一人, 前川 英樹

Kazuhito SAKAI, Hideki MAEKAWA

1. はじめに

沖縄県は、沿岸海域の水域環境保全を目的として平成 25 年 9 月に「沖縄県赤土等流出防止対策基本計画」を策定し、県内の 76 海域について、海域環境を良好な状態に再生するための環境保全目標(海域)と赤土等流出削減目標(陸域)を設定した。その中で海域に流出する赤土等の大半は農地が発生源であるといわれており、効果的な陸域での赤土等流出防止対策導入が求められている。対策導入による効果は、モニタリングにより検証することが重要であるが、コスト的にそれは難しい。そのため、沖縄県ではモデルによる計算で対策導入効果の推定が行われている。これまでは、主に土壌侵食量予測モデルである Universal Soil Loss Equation (USLE)が用いられてきた。USLE は、年単位での侵食量を対象としており降雨イベントごとの計算に適していないこと、斜面と流路からなる流域からの流出量の計算には適していないことなどが問題となっている。それら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、前述の USLE の弱点を解決するというメリットはあるが、ユーザー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。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する必要がある。しかし、WEPP モデルを GUI 上で多回数実行することは時間がかかり過ぎるため現実的では無い。

そこで本研究では、WEPP モデルの計算結果に対して、Gaussian Emulation Machine for Sensitivity

Analysis (GEM-SA)ソフトウェアを適用し、ガウス過程回帰によるエミュレータ構築について検討し、パラメータの感度分析を行った。

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。

解析においてユーザーは、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 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年間の土砂流出量を計算した。なお、Climate データは WEPP モデルに入っている weppdemo.cli を用い、Management は、終始裸地であるとした。

表 1 本研究でランダムに設定したパラメータ

カテゴリー	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)

2.2 GEM-SA

GEM-SA は、ガウス過程回帰を用いてコンピュータモデルの計算結果に対しての不確定性を統計的に分析するソフトウェアである。

GEM-SA では、シミュレーションモデル(本研究で

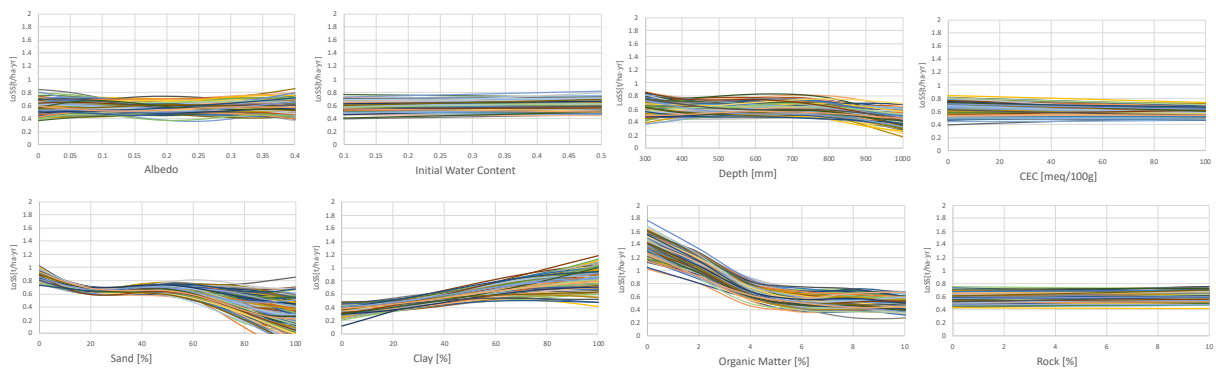


図1 各パラメータの年間土壌侵食量の計算結果への影響

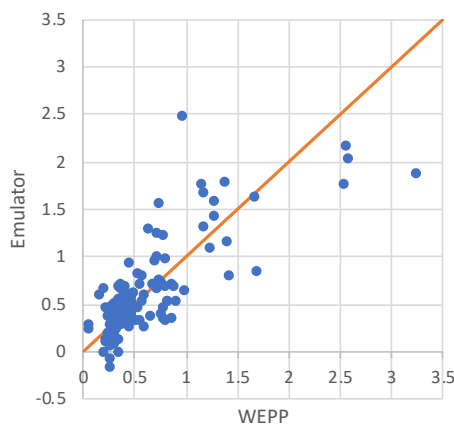


図2 エミュレーターによるテストデータの推定結果

は WEPP モデル)の入力パラメータセットとそれらパラメータセットを用いた計算結果をトレーニングデータとして、ガウス過程回帰によるエミュレーターを構築する。そして、そのエミュレーターを用いて不確定性の解析および感度分析を行う。

3. 結果と考察

3.1 エミュレータの正確性の検討

図1に各パラメータを変動させた時のエミュレータにより計算された土壌侵食量を表している。それぞれのグラフは、200通りの計算結果より描かれている。線群幅が広いことは、そのパラメータによる計算が不確定であることを意味する。また、パラメータの変化に対して計算値の変化が小さいということは、そのパラメータの影響が小さいことを意味する。図1から、ほとんどのグラフで線群幅が広く不確定性が大きい、つまりエミュレータによる回帰性能が高く無いことが認められる。また、パラメータの変

化に対する計算値の変化の様子から Sand、Clay、Org の影響力が他のパラメータより強いことが認められた。

図2にトレーニングデータにより構築されたエミュレーターにより計算したテストデータに対する推定結果を示す。図1における分析と同様に、今回用いた8個の土壌パラメータによるエミュレーターでは WEPP モデルによる土壌侵食量の再現精度は十分で無いことが認められた。

3.2 各パラメータの感度分析

表2に感度分析結果を示す。図1での分析と同様に Org、Sand、Clay の順でパラメータ感度が高いことが認められる。また、合計が44%であり8パラメータでの説明性は高く無いことが認められた。

表2 各パラメータの感度

パラメータ	感度指標[%]	パラメータ	感度指標[%]
Alb	0.66	Sand	9.87
IWC	0.07	Clay	8.01
Dep	1.29	Org	24.30
CEC	0.45	Rock	0.08

4. 終わりに

以上より、今回用いたパラメータでは、再現精度の高いエミュレーターを構築することができないことが認められた。また感度は Org、Sand、Clay の順で高いことが認められた。

今後の課題は、他のパラメータも対象にエミュレーター構築および感度分析を行うことである。