

第Ⅱ部門

陸面過程モデル SiBUC における土壌水分計算法に関する検討

京都大学工学研究科 学生会員 ○宮田龍規

京都大学工学研究科 正会員 Aulia TINUMBANG

京都大学工学研究科 正会員 市川温

京都大学防災研究所 正会員 萬和明

1. 研究の背景と目的

陸面過程モデルは、地表面における水、エネルギー、放射の各収支を計算するモデルである。陸面過程モデルは今まで、気候モデル及び数値気象予測モデルの一部として開発されてきた。陸面過程モデルの水収支出力は、気候変動下での将来の水関連災害リスクの変化を予測するため、広く使用されている。

本研究では、重要な変数の一つである土壌水分量に着目し、数値計算法や土層の垂直離散化が土壌水分量、表面流出量、基底流出量の結果にどのように影響を与えるかを分析することを目的とした。本研究で使用するモデルとして、京都大学防災研究所で開発された陸面過程モデル SiBUC¹⁾を使用した。検討方法について、参照モデルとして HYDRUS²⁾を用い、SiBUC の出力結果と比較することとした。

数値計算法について、多くの陸面過程モデルでは土壌中の水の動きはリチャーズ式で表されているが、リチャーズ式は一般解が存在せず、数値計算で解を求めることとなる。SiBUC ではリチャーズ式を陽解法で解いているが、HYDRUS やその他の多くの陸面過程モデルでは、陰解法で解いている。このような数値計算法の違いが計算結果に与える影響について分析する。

土壌の離散化について、リチャーズ式は強い非線形性を有しているために浸透計算を行う際に細かい空間刻み幅が必要であるが、SiBUC では1層目 2cm、2層目と3層目は数 m と幅広く土層を刻んでいる。

2. 研究手法

SiBUC では土壌特性として Clapp and Hornberger(CH)式を採用されているが、HYDRUS ではCH式を用いることができない。異なる式のまま両者を比較することは難しいため、HYDRUS に合わせて、SiBUC に van Genuchten(vG)式を導入した。SiBUC の動

作を検証するため、タイ北部のチャオプラヤ川上流（ピン川上流部）に SiBUC と HYDRUS を適用した。いずれの実験においても想定する土壌タイプは、sand、sandy loam、silt loam、clay loam の4種類とした。本研究では、2つの実験を行った。

1つ目の実験は、数値計算法の影響を調べる実験である。以下では、これを実験 a とする。土壌の離散化条件として、SiBUC と HYDRUS のどちらにおいても、1層目、2層目、3層目のいずれをも 5cm とした。測定点は第1層、第2層、第3層の中心とした。計算期間は4ヶ月間を設けたが、モデルのスピンアップ期間を1ヶ月間取り、残りの3ヶ月間を分析した。

2つ目の実験は、数値計算法に加えて、土層の離散化の影響を調べる実験である。以下では、これを実験 b とする。土壌の離散化条件として、SiBUC では第1層の厚さ、第2層までの厚さ、第3層までの厚さをそれぞれ 2cm、2m、5m とした。それに対して HYDRUS では土層をすべて 1cm で刻み、合計で 500 層に離散化した。こちらも測定点は第1層、第2層、第3層の中心とした。スピンアップ期間について、土層の厚さが厚く、水が浸透するまで時間がかかることから 100 日間のスピンアップ期間を設けた。

3. 結果

実験 a について sand と silt loam の土壌水分量の結果をそれぞれ図-1 と図-2 に示す。この結果から、降水量の多い期間において、SiBUC と HYDRUS の間で差が大きくなり、降水量が多いほどその差も大きくなることが分かった。実験 b について、sand と silt loam の土壌水分量の結果をそれぞれ図-3 と図-4 に示す。この結果から、第2層と第3層の土壌水分量に着目すると、HYDRUS と大きく異なることが分かった。

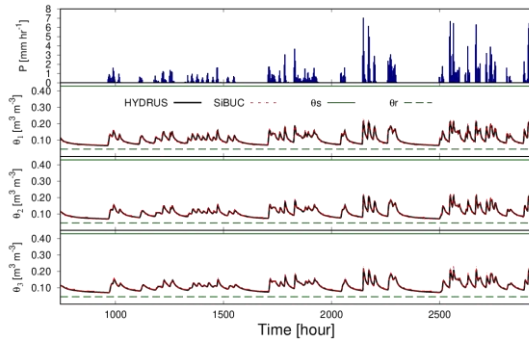


図-1 実験 a における sand の
土壌水分量の変化.

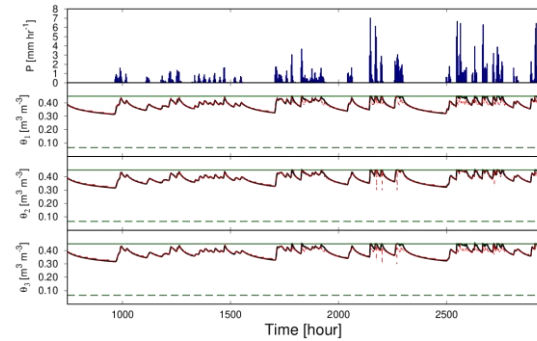


図-2 実験 a における silt loam の
土壌水分量の変化.

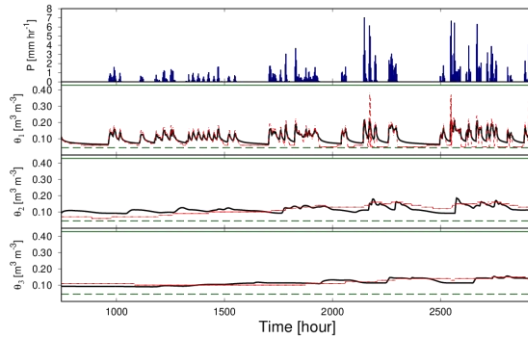


図-3 実験 b における sand の
土壌水分量の変化.

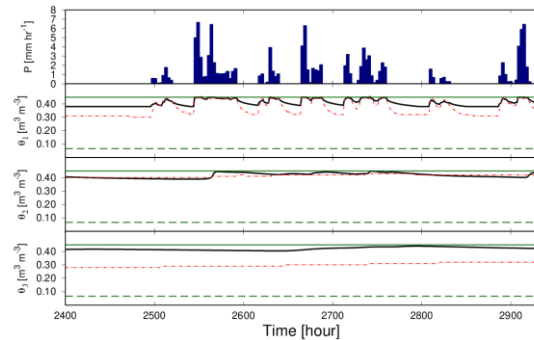


図-4 実験 b における silt loam の
土壌水分量の変化.

表-1 実験 a における表面流出量と基底流出量

	sand		silt loam	
	SiBUC	HYDRUS	SiBUC	HYDRUS
表面流出量(mm)	0	0	367	45
基底流出量(mm)	847	845	475	802

表-2 実験 b における表面流出量と基底流出量

	sand		silt loam	
	SiBUC	HYDRUS	SiBUC	HYDRUS
表面流出量(mm)	0	0	270	45
基底流出量(mm)	720	643	9	0

第 1 層において降水量が限りなく少ない時、流出量の増加により、土壌水分量は減少する。しかし、HYDRUS の土壌水分量が緩やかに減少するのに対して、SiBUC は急激に減少していた。また、表-1、表-2 にそれぞれ実験 a、実験 b における表面流出量と基底流出量を示す。いずれの場合も silt loam、clay loam が sand、sandy loam に比べて、大きくなった。

4. 考察とまとめ

本研究では、SiBUC における土壌水分計算法に関して検討した。SiBUC と参照モデルである HYDRUS を比較することで、実験 a と実験 b を行い、数値計算法の影響と土層の離散化の影響について分析した。実験 b において、sand が他の土壌タイプと比べて、差が少なかった理由は以下のように考えられる。実験 a から sand の土壌水分量は数値計算法の違いによる影響を受けにくいことが分かり、数値計算法と土層の離散化の影響を受

ける実験 b においても、その数値計算法の影響が小さいと考えられるからである。本研究から導かれたこととして、まず数値計算法については、降水量が多い期間において、次に、土層の垂直離散化において、領域の大きさが異なりすぎる時において、土壌水分量を正確に計算することが難しいということが分かった。

参考文献

- 1) Tanaka, K.: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, doctoral dissertation, Kyoto University, 2004.
- 2) Šimůnek, J., van Genuchten, M. and Šejna, M.: Recent Developments and Applications of the HYDRUS Computer Software Packages, Vadose Zone Journal, Vol.15, pp.1-25. <https://doi.org/10.2136/vzj2016.04.0033>