

複数衛星観測情報を用いた陸面パラメータの調整  
Tuning of Land Surface Parameters with Multi-satellite Observation Data

○稲垣智也・田中賢治・田中茂信

○Tomoya INAGAKI, Kenji TANAKA, Shigenobu TANAKA

In water heat balance analysis, land surface parameters such as root layer thickness and hydraulic conductivity play an important role through the variation of soil moisture, and accurate understanding of land surface parameters enables highly accurate water heat balance analysis. In addition, with the recent improvement of remote sensing technology, it has become possible to accurately determine the land surface conditions. In this paper, the output results of the water heat balance analysis using the land surface model, i.e., global land surface temperature, soil moisture, and total terrestrial water storage, were compared with satellite observations, and parameter adjustments were estimated to reduce the respective errors. As a result, the analytical values of global land surface temperature, surface soil moisture, and total terrestrial water storage were generally improved, and the accuracy of the water and heat balance analysis was enhanced. (139 words).

### 1. 研究の背景

根層厚や透水係数といった陸面パラメータは、水・熱収支解析において土壌水分の変動を介して重要な役割を果たすため、陸面パラメータを正確に把握することが高精度の水・熱収支解析につながる。また、昨今ではリモートセンシング技術の向上に伴い陸地表面の状態を正確に把握することが可能となってきた。本稿では陸面過程モデルによる水・熱収支解析の出力結果として得られる表層土壌水分量・地表面温度・陸域総貯水量 (TWS: Terrestrial Water Storage, 以下 TWS とする) について、それぞれの衛星観測値との比較から、出力値が衛星観測値に近づくような陸面パラメータを探索し、全球の陸面パラメータの調整を行うことを目的とする。

### 2. 研究手法

本研究では陸面過程モデルとして SiBUC を用いる。全球を対象に 1.0 度の解像度で水・熱収支解析を行い、この結果得られる表層土壌水分、地表面温度、TWS の 3 つを衛星観測値と比較する。表層土壌水分および地表面温度の比較については SMAP 衛星観測値を集水域モデルで調整・補完したものである L4\_SM プロダクトの表層土壌水分量および地表面温度を用いる。TWS については重力観測衛星 GRACE による TWS 変動の観測値との比較を行う。TWS は以下の式のように求められる。

$$TWS = SurfS + SWE + SM + Rech - W_{GW} \quad (1)$$

ここで  $SurfS$  は地表面滞水量、 $SWE$  は積雪水量、 $SM$  は土壌水分量、 $Rech$  は地下水涵養量、 $W_{GW}$  は地下水取水量である。ここでは SiBUC より出力される  $SurfS$ 、 $SWE$ 、 $SM$  の 3 つの和として TWS を表しているため、 $\Delta TWS$  は以下の式で表され、この値を GRACE 観測値と比較する。

$$\Delta TWS_{SiBUC} = \Delta SurfS + \Delta SM + \Delta SWE \quad (2)$$

ここで調整対象とする陸面パラメータは植物の根の長さである根層厚、根層に水分を供給する層の厚さである土層厚、土壌の浸透のしやすさを表すパラメータである透水係数、土壌水分ポテンシャルに関するパラメータ  $B$  (と表記する) の 4 つとし、これらは CNRM が提供している Ecoclimap の土壌データを入力値としている。根層厚・土層厚については補正率を 0.7~1.3 倍の間とし、透水係数については  $10^{-1}$ ~ $10^1$ 、 $B$  については  $5^{-1}$ ~ $5^1$  でそれぞれランダムに補正率を変化させ、合計 200 通りの解析を行った。

SMAP との比較については対象期間を 2016 年 1 月 1 日から 2018 年 12 月 31 日までの 3 年間とし、各回の解析において表層土壌水分および地表面温度の 3 年間の RMSE を以下のように算出した。

$$RMSE_{LST} = \sqrt{\frac{\sum (LST_{SiB} - LST_{SMAP})^2}{N}} \quad (3)$$

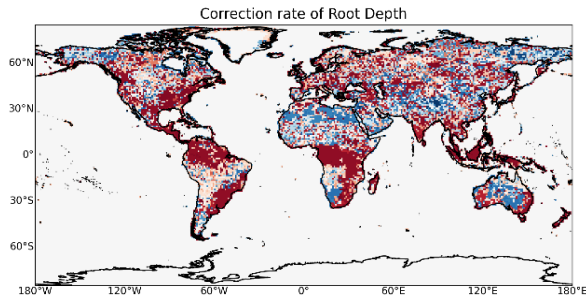


図-1 根層厚の補正率

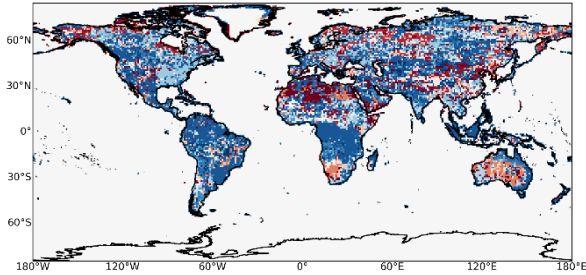


図-2 透水係数の補正率

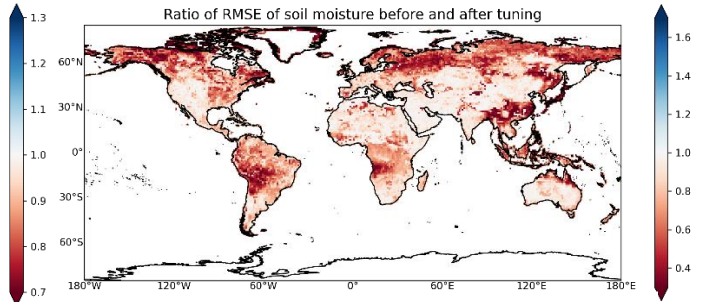


図-3 調整前後の表層土壌水分の RMSE 比

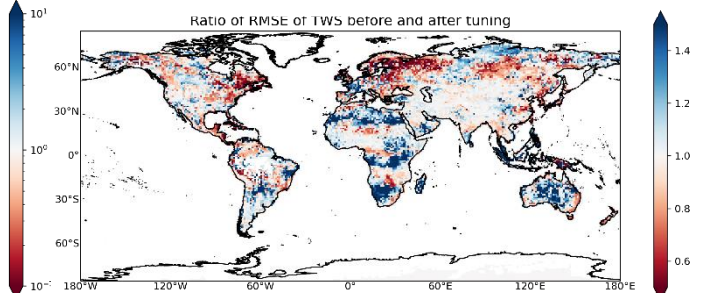


図-4 調整前後の TWS の RMSE 比

$$RMSE_{SM1} = \sqrt{\frac{\sum (SM1_{SiB} - SM1_{SMAP})^2}{N}} \quad (4)$$

以上の計算をもとに、それぞれのグリッドに対して陸面パラメータ調整前の表層土壌水分および地表面温度の RMSE からもっとも RMSE が減少した場合の陸面パラメータを、そのグリッドにおける最適な調整後パラメータとした。

次に、そのパラメータ調整を行った SiBUC を用いて 2003 年から 2013 年までの 11 年間の TWS の変動を GRACE の TWS と比較し、SMAP との比較の場合と同様の計算手法で TWS の RMSE についても改善されたかどうかを確認する。

### 3. 研究結果

調整後の根層厚の補正率を図-1、透水係数の補正率を図-2 に示す。熱帯を中心に根層厚には下降補正をかけ、透水係数には上方補正をかける地域が多い。次にパラメータ調整前後での表層土壌水分の RMSE の比を図-3 に示す。熱帯などの土壌水分の年間変動が比較的激しい地域において RMSE が元の値の半分以下に減少していることがわかる。一方で乾燥地帯においては表層土壌水分・地表面温度ともに RMSE を減少させるようなパラメータ調整を行うことは出来なかった。解析範囲における地表面温度および表層土壌水分の平均の RMSE は 8.93 から 8.78 に、0.145 から 0.108 に減少しており、両者ともに解析精度がやや向上したといえる。次にパラメータ調整前後での TWS の RMSE

の比を図-4 に示す。東ヨーロッパあたりを中心に陸面パラメータの調整後に TWS の RMSE が減少している地域もあるが、アフリカ大陸やオセアニアにおいては調整後に RMSE が増加しており、解析範囲全体の平均 RMSE は 80.03 から 78.53 となった。特に、土壌水分の解析精度の向上がみられた熱帯地域において TWS の RMSE が増加している地域も存在しており、陸面パラメータの調整が上手く行えたとは言い難い。ただし、ここでは4つの陸面パラメータについて 200 通りほど試したのみであるので、調整の回数を増やすことや別のパラメータについても調整を行うことで TWS についても解析精度を向上させる余地は十分にあると考えられる。

### 4. 結論

本研究で得られた知見は以下のようになる。

- ・陸面解析の結果得られる出力値を衛星観測値と比較することで土壌パラメータの調整を行い、広範囲において地表面温度・表層土壌水分・TWS の解析精度が向上したものの、TWS の解析精度が向上しなかった地域もいくつかあった。
- ・調整対象とする陸面パラメータの種類や解析回数に改善を加えることでより適切なパラメータ調整を行うことが出来ると考えられる。

### 参考文献

- 1) Kenji Tanaka : Development of the new land surface model scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, doctoral dissertation, Kyoto University, 2004.