

陸面過程モデルにおける入力土壌パラメータの全球規模での感度分析 Global-scale Sensitivity Analysis of Soil Parameters in Land Surface Model

○稲垣智也・田中賢治・田中茂信

○Tomoya INAGAKI, Kenji TANAKA, Shigenobu TANAKA

In land surface analysis, soil parameters such as root layer thickness and hydraulic conductivity play an important role through the variation of soil moisture, and accurate understanding of soil parameters enables highly accurate land surface analysis. However, at present, these parameters are input based on simple empirical equations and very limited regional data, and it is not clear how the spatial distribution of the parameters and the parameters themselves affect the analysis results. In this paper, we investigate the sensitivity of the soil parameters on a global scale by running 500 global land surface analyses with randomly varying four soil parameters. Initially, the correlation coefficients between each soil parameter and evapotranspiration, surface runoff, and basal runoff were calculated and analyzed for each region based on the köppen climate classification. The results show that soil parameters have a significant influence on evapotranspiration and runoff characteristics. It was also found that the sensitivity of each of the parameters showed various characteristics for each climatic category. (163 words)

1. 研究の背景

水収支解析においては陸面の水熱循環を物理的に解析する陸面過程モデルが一般的に用いられる。こういったモデルでは、解析の際に気象強制力や地表面データに加えてモデル内パラメータを与える必要がある。しかし、これらのパラメータは簡易的な経験式や非常に限られた地域のデータをもとに入力しているのみであり、パラメータの空間分布やそれぞれのパラメータが解析結果に与える影響についてのまとまった研究はない。したがって、それぞれの入力パラメータの陸面過程解析への感度について全球規模での分析を行い、これを明らかにすることが陸面解析の際のパラメータの調整やモデルの改善において有用な知見となる。したがって、本稿では陸面モデル内の土壌パラメータの感度について広域での分析を行った。

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。SiBUC において用いられている根層厚、土

表 2 陸面過程解析の諸設定

| | |
|---------|------------|
| 解析エリア | 全球 |
| 空間解像度 | 0.5° |
| 期間 | 2016-2018 |
| Spin up | 3 年間 |
| 解析回数 | 500 回 |
| 入力気象強制力 | GSWP3-W5E5 |

層厚、飽和透水係数、Clapp and Hornerberger の B(以下 Bpower とする)の 4 つのパラメータ(Ecoclimap 2010)について表 1 の範囲で同時にランダムな変化を与えて陸面過程解析を実行することで、これらのパラメータの陸面解析結果への感度を調べた。根層厚・土層厚は各グリッドの土層の厚さを表すパラメータであり、土中に蓄えられる水分量を支配するため土壌水分量や流出・蒸発の特性に深く関与する。透水係数・Bpower についても水分の浸透や流出に深く関与するパラメータである。これらのパラメータの感度を調べるため、その他の解析設定は全て同一の条件とし、表 2 の解析設定の

表 1 変化を与えるパラメータ一覧

| 表記 | 定義 | 単位 | 与える変化率 |
|-------|--------------------------|---------------|----------------------------|
| D_2 | 土層第 2 層の厚さ | (m) | $\times 3^{-1} \sim 3^1$ |
| D_3 | 土層第 3 層の厚さ | (m) | $\times 3^{-1} \sim 3^1$ |
| K_s | 飽和透水係数 | (ms^{-1}) | $\times 10^{-1} \sim 10^1$ |
| B | Clapp and Hornberger の B | (-) | $\times 2^{-1} \sim 2^1$ |

表3 気候分類ごとの最も相関の高い土壌パラメータとその相関係数

| 気候分類 解析値 | Am | BSh | BWk | Cfa | Cwb | Dfd | Dsa | EF |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 蒸発散 合計値 | 透水係数 0.81 | 透水係数 0.73 | Bpower 0.95 | 透水係数 0.75 | 透水係数 0.71 | 土層厚 0.41 | Bpower 0.77 | Bpower 0.94 |
| 蒸発散 年較差 | 透水係数 0.69 | Bpower -0.35 | Bpower -0.68 | 透水係数 0.70 | 透水係数 0.56 | 透水係数 -0.53 | Bpower -0.66 | Bpower 0.47 |
| 表面流出 合計値 | Bpower 0.85 | Bpower 0.99 | Bpower 0.99 | Bpower 0.87 | Bpower 0.96 | Bpower 0.91 | Bpower 0.96 | Bpower 0.89 |
| 表面流出 年較差 | Bpower -0.91 | Bpower -0.95 | Bpower -0.86 | Bpower -0.90 | Bpower -0.91 | 根層厚 -0.56 | Bpower -0.81 | 根層厚 -0.62 |
| 基底流出 合計値 | 透水係数 -0.75 | Bpower 0.79 | Bpower 0.86 | Bpower 0.62 | Bpower 0.62 | Bpower 0.75 | Bpower 0.82 | Bpower 0.73 |
| 基底流出 年較差 | 透水係数 -0.63 | 透水係数 -0.60 | 根層厚 -0.82 | 根層厚 -0.65 | 透水係数 -0.61 | 根層厚 -0.89 | 根層厚 -0.80 | 根層厚 -0.85 |

もとで全球陸面過程解析を計 500 回実行した。これにより、それぞれの解析結果間の違いは与えられたパラメータによる影響となる。はじめに、各土壌パラメータと、陸面解析出力値である蒸発散量、表面流出量、基底流出の3つについて、それぞれ年合計値および、年最大値と最小値の差である年較差の2種、計6項目について相関分析を行った。そして、全球をケッペンの気候区分をもとに分類し、それぞれの陸面解析値に対する土壌パラメータの感度について調べた。

3. 研究結果

表3にケッペンの気候区分29種のうち8種を抽出し、それぞれの陸面解析値と土壌パラメータの相関のうち最も相関係数の絶対値の高いパラメータおよびその値を表した。蒸発散合計値は熱帯・温帯では主に透水係数と強い正の相関があり、乾燥帯や亜寒帯などの比較的少雨の地域ではBpowerの相関が比較的強くなる。これは、十分な降水のある地域においては、水の浸透量を支配する飽和透水係数の影響が大きくなり、乾燥域ではBpowerを通じた水ポテンシャルの変化が蒸散に与える影響がより支配的となるためと考えられる。また、年較差については特に支配的なパラメータは同様であるが、例えばDfdでは透水係数と蒸発散年較差が負の相関となっているなど、地域による違いも大きい。また、表面流出や基底流出の合計値についてはどの地域もBpowerとの相関がもっとも強く出る。これはBpowerの増加による蒸

発散量の減少が総流出量の増加を引き起こしていると考えられる。また、年較差についても広域においてBpowerと極めて強い負の相関となるが、基底流出に関しては、温帯や亜寒帯を中心に根層厚との負の相関が比較的高く出ており、降雨時に土中に蓄えられる水分量が増加することで流出がより途切れづらくなり、基底流出量の年変化がより緩やかになる効果がより強く表れていると考えられる。

4. 結論・今後の課題

本研究で得られた知見は以下のようなになる。

- ・各パラメータと陸面解析値の関係は地域によって大きく異なる。
- ・透水係数は降水の土壌への浸透量の変化を通して熱帯・温帯帯の蒸発散に強く影響を与え、乾燥帯・寒帯ではBpowerが水ポテンシャル変化による蒸散への影響が強く表れる。
- ・年較差については年合計値と同様、透水係数とBpowerの影響を強く受けるが、基底流出については温帯・亜寒帯を中心に根層厚の変化との間に強い線形関係がみられる。
- ・今後は他のモデル内パラメータと陸面解析値の関係についても調べ、容易にモデル内パラメータを調整・修正する仕組みを構築することで、陸面解析の精度向上につなげていきたい。

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