

## モンゴル高原における土壌水分量予測の検討

松江工業高等専門学校生産・建設システム工学専攻  
松江工業高等専門学校環境・建設工学科  
広島大学  
筑波大学・アイソトープ地球システム研究センター

学生会員 ○樋口淳紀  
正会員 広瀬 望  
非会員 開発一郎  
正会員 浅沼 順

## 1. はじめに

土壌水分量は水循環過程において重要な指標の一つであり、農業、水管理、干ばつや植生被覆の変化、気候変動研究において大きな役割を担っている。そこで、土壌水分量の予測に関する研究が多く行われているが、その変異は気候システムによって大きく異なることが報告されている。<sup>1)</sup>そのため、それぞれの気候システムにおける土壌水分の正確な予測および土壌水分が水循環に与える影響の解明は重要な課題とされている。

土壌水分の降水に対する応答は湿潤地域と乾燥地域との間の遷移地域で大きくなると指摘されており、<sup>2)</sup>半乾燥地域に属するモンゴル高原は降水量が少なく、雨量の年較差が激しいため、日本を含む東アジアの水循環を考えるうえで重要な地域とされている。また、モンゴル周辺では1990年代後半から高温異常の頻度と強度が劇的に増加しており、これは乾燥した土壌条件に起因し局地的に発生していると示唆されている。<sup>3)</sup>そのため、モンゴル高原を含む東アジアの半乾燥地域における土壌水分-降水フィードバックの物理的解明を行うことは気候変動予測の精度向上に大きく貢献する。

そこで、本研究では、メソ気象モデルを用いた土壌水分の予測精度を衛星観測データ、実測値との比較により検討するとともに、モンゴル高原において土壌水分量が降水変動に及ぼす影響を解明するための基礎的検討を行うことを目的とする。

## 2. 研究対象領域の概略

本研究では、半乾燥地域であるモンゴル高原を対象として、研究を行った。図1にモンゴル高原における土壌水分観測ネットワークを示した。図1に示したように、広域で土壌水分計測機器が設置され、リアルタイムで土壌水分計測が行われている。また、自動気象観測ステーション(Automatic Weather Station,

AWS)に気象要素だけでなく、陸面から大気への水熱輸送量が観測されており、半乾燥地域における大気陸面相互作用を詳細に検討することができる。

図2に対象領域における土地被覆分類を示した。図のように、草地(7)、低木地(8)、裸地(19)が90%近くを占め、半乾燥地域における特徴的な土地被覆を示している。また、モンゴルの植生活動は当年の土壌水分によって制御されるといわれており、<sup>4)</sup>雨量の年較差が激しいことから、植生も土壌水分量と同様に年、季節によって大きく変動するといえる。

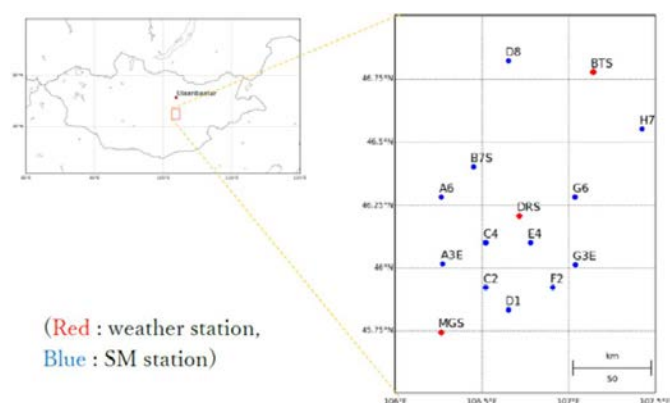


図1 モンゴル高原における観測サイトの位置図

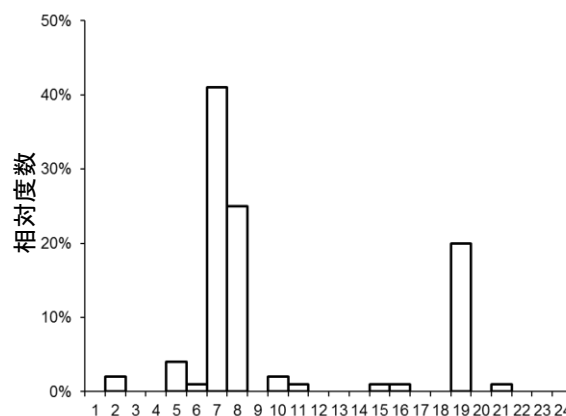


図2 対象領域における土地被覆分

キーワード 土壌水分, モンゴル高原, 領域気象モデル, 陸面過程モデル

連絡先 〒690-0865 島根県松江市西生馬町14-4 松江工業高等専門学校 TEL 0852-36-5111

### 3. メソ気象モデルによる土壌水分予測

#### 3.1 研究概要

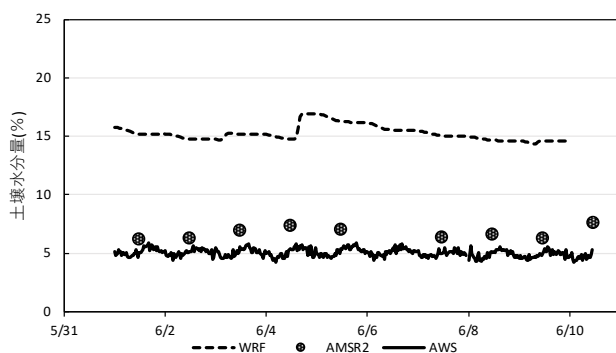
本研究では、メソ気象モデル WRF (Weather Research & Forecasting Model) version4.1.2 を用いて、対象領域における土壌水分変動予測を試みた。土壌水分量の予測精度を検証するため、AMSR2 (Advanced Microwave Scanning Radiometer) によって観測された全球土壌水分データ及び、対象領域内の AWS で計測された土壌水分量を用いた。対象期間は2020年6月1日から6月10日及び8月1日から8月10日のそれぞれ10日間とした。

解析対象領域は、中国大陸を広く含むように、第1領域(空間解像度 25km, 水平格子点数 100×50, 鉛直階層 30層)を設定した。また、Nestingを行い、モンゴル高原全域を含むように第2領域(空間解像度 5km, 水平格子点数 83×73, 鉛直階層 30層)を設定した。なお、初期境界条件は、最終全球解析データ (NCEP-FNL, 空間解像度 0.5度, 時間分解能 6時間) を用いた。また、陸面過程モデルは Noah Land-Surface Model (Noah LSM) を用いた。

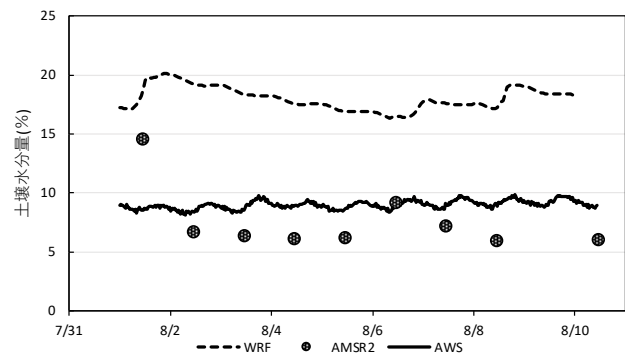
#### 3.2 数値実験結果の検討

メソ気象モデル WRF を用いて、対象期間における数値実験を行い、対象領域内の土壌水分の時空間変動を予測し、観測結果と比較した。なお、AMSR2 の衛星観測データは対象領域内の平均値を算出し、AWS のデータは地点観測値を用いて比較し、検討を行った。

図3にメソ気象モデル WRF による数値実験結果、AMSR2 の衛星観測データ及び AWS による土壌水分量の実測値の結果を示す。



(a) 6月



(b) 8月

図3 WRF, AMSR2, AWS の土壌水分の比較

図3より、WRF の計算結果は観測結果と比較し、6月、8月ともに過大評価であることが分かった。そこで、さらに詳細な検討を行うため、WRF のサブモデルである陸面過程モデルに着目し、検討を行うこととした。

### 4. 陸面過程モデルの検討

#### 4.1 数値実験の概要

WRF の解析結果の精度向上を目的とし、WRF 解析時に陸面過程モデルとして用いた Noah LSM で AWS 観測地点における大気陸面過程をシミュレートし、観測値と比較することで WRF による数値実験が過大評価となった要因を調査した。対象期間は WRF 解析結果の精度検証を行った2020年6月、8月のそれぞれ10日間とした。また、Soil type および Vegetation type は WRF による数値実験時と同様 Sandy Clay Loam, Savanna とした。

#### 4.2 Noah LSM の概略

Noah LSM は WRF 解析で用いられる LSM の1つである。このモデルは、土壌を4層に分割し、各層ごとに土壌水分や土壌温度を計算し、大気陸面過程を考える上で重要な地表面の熱収支・放射収支を高精度に計算する工夫がなされている。

#### 4.3 計算結果の検討

図4土壌水分の観測値と解析結果、降水の観測値、図5に土壌温度の観測値と解析結果を示す。図4より、土壌水分は WRF による数値実験と同様に、ともに過大評価であった。降水のない6月は、観測値、解析結果ともに土壌水分の減少傾向が確認できたが、

減少率がモデルのほうがやや高くなっていた。降水のある8月は、観測値に比べ解析結果は、降水によって土壌水分が大きく変動していた。また、図5より、6月の土壌温度は波形の大まかな再現はできていたが、最大値と最小値の再現性が低く、日中過大評価、夜過小評価となることが多かった。8月は日中の最大値の再現性が低く過小評価であった。これは日中放射が潜熱として消費されたことが要因だと考えられる。

図4、図5より解析結果は観測値に比べ降水に対する応答が大きいことや、観測値に比べ土壌水分が高い状態でも土壌温度が過大評価になることから、透水性や水分の保持率を調整するために土壌構成や植生を見直す必要がある。

## 5. まとめ

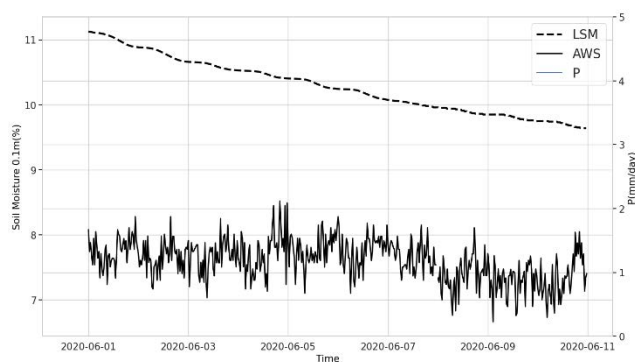
本研究では、メソ気象モデル WRF を用いて数値実験を行い、土壌水分の予測精度を検証した。その結果、AWS 及び AMSR2 の観測結果と比較し、土壌水分の予測結果が過大評価となっていることがわかつ

た。また、陸面過程モデル Noah LSM により、透水性や顕熱が大きくなる時の土壌水分量の違いにより土壌水分の予測値が過大評価となったことが示唆された。

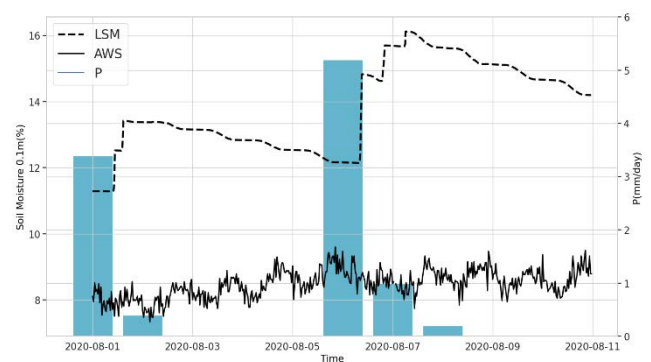
今後は、WRF の土壌特性、植生を詳細に検討し、土壌水分量予測の正誤向上を目指す予定である。

## 参考文献

- 1) 鼎信次郎, 沖大幹, 虫明功臣: 気候システムにおける土壌水分, 水分・水資源学会誌, Vol.11, No.5, pp.508-514, (1998)
- 2) Koster, R. D., Dirmeyer, P. A., Guo, Z., Bonan, G., Chan, E., Cox, P., ... & Yamada, T. (2004). Regions of strong coupling between soil moisture and precipitation. *Science*, 305(5687), 1138-1140.
- 3) Erdenebat, E., & Sato, T. (2016). Recent increase in heat wave frequency around Mongolia: role of atmospheric forcing and possible influence of soil moisture deficit. *Atmospheric science letters*, 17(2), 135-140.
- 4) Nandintsetseg, B., Shinoda, M., Kimura, R., & Ibaraki, Y. (2010). Relationship between soil moisture and vegetation activity in the Mongolian steppe. *Sola*, 6, 29-32.

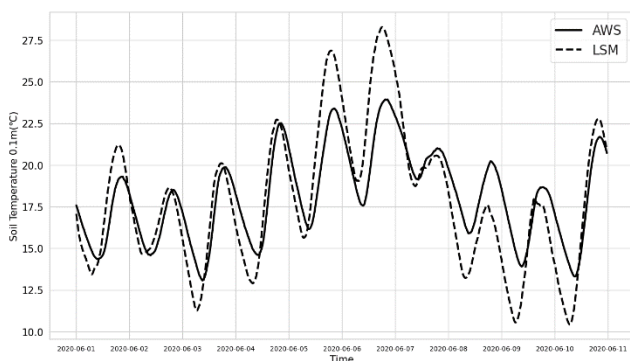


(a) 6月

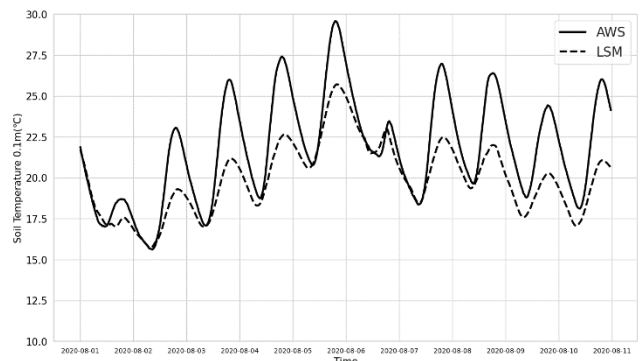


(b) 8月

図4 AWS 観測値, LSM 解析結果の降水, 土壌水分の比較(0.1m 地点)



(a) 6月



(b) 8月

図5 AWS 観測値, LSM 解析結果の土壌温度の比較(0.1m 地点)